www.radio.ru

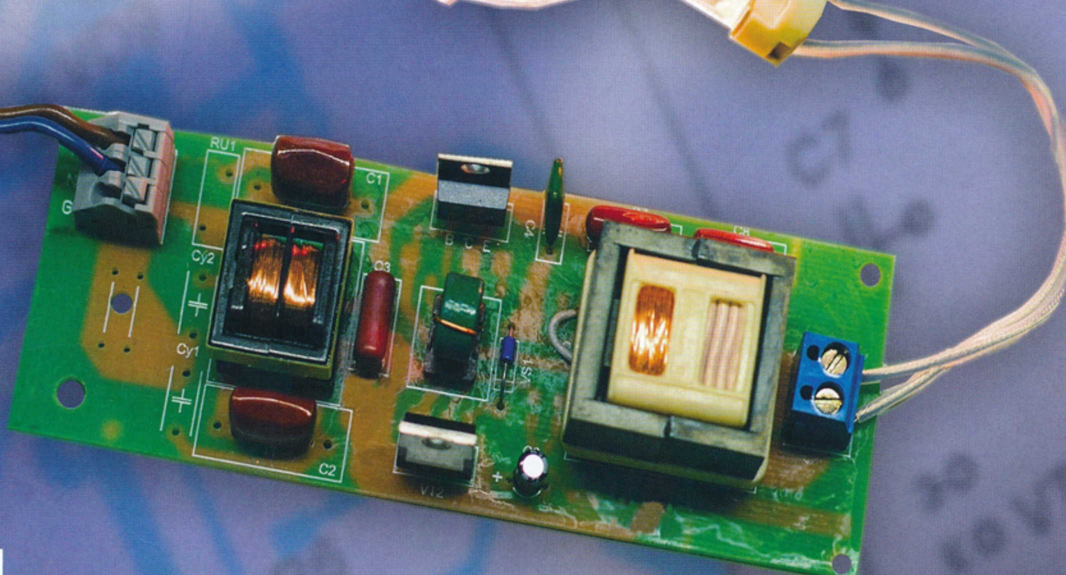
8 • 2015



РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

«Электронный трансформатор» для галогенных ламп





- *Выходной каскад класса А в УМЗЧ*
- *Однотактный стереоусилитель на пентодах*
- *Миллиомметр — приставка к мультиметру*
- *Микроконтроллерное реле-регулятор*

...и ещё 12 конструкций

8
2015

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. "Электронные трансформаторы" для галогенных ламп (см. статью на с. 32).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

АС С КРУГОВОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
ГОЛОВНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕФОНЫ
ТРИ ФАЗЫ ИЗ ОДНОЙ
СЧЁТЧИК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЕЛОСИПЕДА

Тираж журнала «Радио» № 7 сдан для рассылки подписчикам 02.07.2015 г.



8•2015
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селиверстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39
Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ОАО "Сбербанк России" г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 17.07.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в ЗАО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-07-00284.

На страже Солнечного города

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Люди не становятся лучше — только умнее".
Стивен Кинг

Снабдив жителей Солнечного города всем тем, что можно придумать в рамках Интернета вещей (IoT — Internet of Things) и Всеобъемлющего Интернета (IoE — Internet of Everything), и предоставив в их распоряжение всё новые бизнес-модели, использующие вместе с IoT и IoE мобильные и "облачные" решения, нельзя забывать, что всё это сопряжено с большими рисками для информационной безопасности (ИБ). Вот и мы в очередной раз обращаемся к вопросам её обеспечения.

Быстрый рост и распространение технологий IoT и IoE представляются сегодня неизбежными. Многие связанные с этим изменения могут поначалу произойти незаметно для потребителей, но долгосрочный эффект будет исключительно выгодным для всех: и для частных лиц, и для экономики в целом. Ожидаются существенные улучшения в сферах транспорта, экологии, безопасности, реализации концепции подключённых сообществ (например, школ) и т. д. Носимые устройства для мониторинга состояния здоровья и физической активности, "умные" автомобили и системы электроснабжения, подключённые буровые вышки и производственные цеха — всё это лишь начало грядущего переворота в нашем образе жизни, работы, учёбы и отдыха. Соответственно большие перемены уже наступают в здравоохранении, теплоснабжении и производстве, а также в управлении жизненно важными инфраструктурами. Прежде всего, все эти отрасли стремительно "умнеют", для чего инженерам приходится решать целый комплекс задач.

К примеру, чтобы сделать производство "умным", необходимо обеспечить быструю и безопасную интеграцию систем промышленной автоматизации и контроля с бизнес-системами. Необходимо построить единую надёжную конвергентную сеть, которая обхватит производственные и бизнес-подразделения. Необходимо обеспечить полный оперативный контроль цепочки поставок для ускорения обнаружения и устранения проблем с целью снижения времени производственных простоев и повышения эффективности использования оборудования. И много чего ещё необходимо, но прежде всего необходимо обеспечить укрепление информационной безопасности путём контроля доступа к сети, данным и процессам.

Все IoT-устройства постоянно обмениваются информацией со многими другими устройствами, что стремительно увеличивает риски для безопасности. В частности, исследование компании HP показало, что 70 % наиболее часто используемых "умных" приборов, имеющих выход в Интернет, уязвимы, а 80 % устройств подвержены утечке информации в той или иной степени и когда-то уже выдавали личную информацию о своих владельцах, например, логины и пароли, адрес электронной почты, домашний адрес, дату рождения или информацию о кредитной карте.

Внедрение IoT оказывает двойной эффект на информационную безопасность. Ключевые средства IoT разработаны так, чтобы обнаруживать и предотвращать такие угрозы, как утечка данных. Но они же могут использоваться и для того, чтобы предотвращать проникновение злоумышленников в систему с целью хищения данных или, что гораздо опаснее, перехвата управления и причинения ущерба. Недавно британский телеканал BBC провёл эксперимент. Они пригласили суперкоманду из семи специалистов по компьютерной безопасности в дом, напичканный "умными" устройствами. За несколько часов им удалось взломать все до одного устройства. Как отметил один из "взломщиков", больше всего стоит бояться микрофона, подключённого к "умному" телевизору, — с его помощью нетрудно организовать "про-

слушку" дома. Однако многие пользователи даже не задумываются о своей безопасности, полностью доверяясь IoT-девайсам. Поэтому прогнозы аналитиков по поводу бесконечного роста числа IoT-устройств не выглядят такими оптимистичными.

Есть и ещё один дополнительный риск — это отсутствие международных IoT-стандартов. Вопрос, скорее, в последствиях, которые могут наступить в случае взлома M2M-техники, особенно на предприятии или в "умном городе". Впрочем, безопасность — вопрос больше технический и теоретически вполне решаемый. Осталось его решить на разных уровнях безопасности.

Пользователь современной сети связи зачастую использует не только свой терминал, но и виртуальные, мобильные и облачные инфраструктуры. Всё это существенно увеличивает совокупное атакуемое информационное пространство и даёт злоумышленникам возможность сначала скомпрометировать рядовые узлы сети, а затем использовать их как плацдармы для атаки более важных ресурсов и данных.

Стратегии применения IoT неустанно развиваются, и специалистам по сетям и ИБ надо успевать поддерживать безопасность на должном уровне. Очевидно, им следует продумать, как отделить друг от друга различные ресурсы сети и как ограничить между ними ненадлежащие или вредоносные коммуникации. Это жизненно важно для постоянного обеспечения безопасного доступа и применения соответствующих политик, направленных на защиту ценных данных, ограничение горизонтального распространения вредоносного ПО и противодействие сканированию сети.

Правильная сегментация сети может значительно осложнить злоумышленникам поиск и кражу данных. К примеру, лечащему персоналу требуется постоянный, непрерывный доступ к аппаратам искусственного дыхания, внутривенным помпам, системам наблюдения за пациентами. С другой стороны, пациентам и посетителям медицинского учреждения доступна возможность работы, общения и развлечения через Интернет. И именно правильное сегментирование сети может гарантировать, что никто из пациентов или посетителей во время работы в сети не получит намеренно или случайно доступ к данным других пациентов и самого учреждения или даже к важному медицинскому оборудованию. То же самое можно сказать и о современных авиалайнерах, к системам управления которых могут подобраться хакеры, чтобы, например, немного "порулить". Во всяком случае, среди множества версий о недавнем бесследном исчезновении малазийского аэробуса была и такая. Очевидно, что число и разнообразие всевозможных атак будут увеличиваться, и это станет серьёзным испытанием для тех, кто обеспечивает информационную безопасность.

В этой связи крайне интересен приведённый ниже комментарий председателя совета директоров, главного исполнительного директора компании Cisco Джона Чемберса к ежегодному отчёту компании по информационной безопасности: *"На самом деле все компании можно поделить на две категории: уже пострадавшие от хакерских атак и те, что ещё не ведают о том, что они пострадали. В 2014 г. атаки на системы безопасности крупных игроков всех отраслей приобрели характер эпидемии, хотя достоянием гласности становились только самые значительные из них. По данным наших исследований, абсолютно во всех бизнес-сетях есть трафик, ведущий на сайты с вредоносным ПО, а число инцидентов в системах кибербезопасности госструктур США в период с 2010 г. по 2013 г. выросло на 35 %. И пока нет никаких признаков того, что эта тенденция идёт на спад. Наоборот, атаки только учащаются и становятся всё изощрённее. Поэтому вопрос не в том, проникнут ли киберпреступники в наши сети и дата-центры, а в том, когда это случится.*

Экономический потенциал IoE в глобальном масштабе составляет 19 трлн долларов США. При этом в эпоху повсеместной связи вопросы безопасности станут вызывать ещё большую озабоченность. Для IoE простого использования имеющихся моделей ИТ-безопасности будет недостаточно. Нужен новый подход к ИБ, необходимы прорывные идеи и инновации. Я призываю современных руководителей со всем вниманием отнестись к тому, о чём пойдёт речь ниже.

При разработке атак злоумышленники рассчитывают на человеческое доверие к системам, приложениям, другим людям и организациям. Поскольку заслуживающих полного доверия сетей и устройств попросту не существует, зачастую, когда дело касается незаконного проникновения, самым слабым звеном оказывается человек. На первый взгляд, проблема может показаться непреодолимой. В действительности же перед бизнесом открывается возможность при разработке стратегии применения технологий и систем защиты использовать решение проблем безопасности как механизм роста. Мы должны помнить об информационной безопасности всегда, до, во время и после атаки.

Чтобы в таких условиях поддерживать высокий уровень доверия со стороны заказчиков, партнёров и сотрудников, каждая компания должна чувствовать свою ответственность за обеспечение ИБ. И хотя, повторяю, безопасных сетей и устройств не существует, стратегия, сфокусированная на главной проблеме обеспечения ИБ — попытках преодоления систем защиты, поможет нейтрализовать действия злоумышленников и обеспечить защиту обширных сетей и развивающейся бизнес-среды.

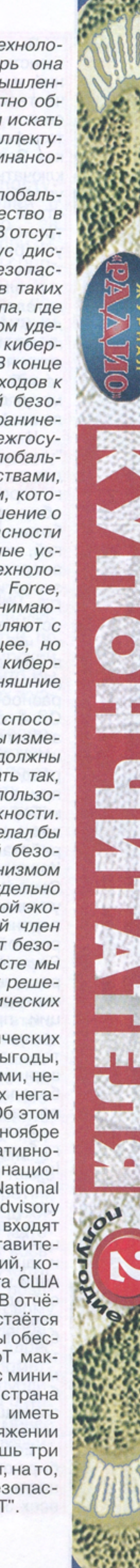
Хороший лидер не должен давать себе поблажек в оценке собственных систем безопасности. Стоит задаться такими вопросами, как наличие в распоряжении компании средств управления ИБ и качество их тестирования, наладка процесса отчётности, получение необходимой дополнительной информации.

ИБ перестала быть сугубо технологической проблемой — теперь она касается всех. Лидерам промышленности и бизнеса нужно совместно обсуждать потенциальные риски и искать решения для защиты как интеллектуальной собственности, так и финансовых данных.

Чрезвычайно важны также глобальная бдительность и сотрудничество в области анализа информации. В отсутствие общих стандартов градус дискуссий по поводу интернет-безопасности растёт повсеместно. А в таких регионах, как Восточная Европа, где управлению киберпространством уделяют недостаточно внимания, киберпреступность уже процветает. В конце концов, несогласованность подходов к обеспечению информационной безопасности может привести к ограничению потоков данных через межгосударственные границы. Нужен глобальный диалог между правительствами, обществом и частным сектором, который поможет выработать соглашение о способах обеспечения безопасности интернет-экономики. Совместные успехи Комиссии по интернет-технологиям (Internet Engineering Task Force, IETF) и других организаций, занимающихся стандартизацией, позволяют с оптимизмом смотреть в будущее, но решать проблемы управления киберпространством должны сегодняшние лидеры.

Всеобъемлющий Интернет способен преобразовать мир, но чтобы изменения были осмысленными, мы должны задуматься над тем, как сделать так, чтобы каждый мог безопасно использовать открывающиеся возможности. Нужно найти способ, который сделал бы обеспечение информационной безопасности стратегическим механизмом роста не только для каждого отдельно взятого бизнеса, но и для мировой экономики в целом. Если каждый член мирового сообщества посчитает безопасность общим делом, то вместе мы сможем продвинуться на пути к решению технологических и экономических проблем всего человечества".

Несмотря на рост экономических показателей и социальные выгоды, приносимые новыми технологиями, необходимо помнить о возможных негативных последствиях и рисках. Об этом говорится в опубликованном в ноябре прошлого года отчёте Консультативного комитета по связи в системе национальной безопасности США (National Security Telecommunications Advisory Committee, NSTAC). В комитет входят 30 высокопоставленных представителей индустрии телекоммуникаций, которые консультируют президента США по соответствующим вопросам. В отчёте, в частности, говорится: "Остаётся всё меньше времени на то, чтобы обеспечить внедрение технологий IoT максимально надёжным образом и с минимальными рисками. Если наша страна не сделает это, то ей придётся иметь дело с последствиями на протяжении поколений... Осталось всего лишь три года, и уж никак не более пяти лет, на то, чтобы повлиять на степень безопасности применения технологий IoT".



Вместе с тем необходимо совершенствовать защиту всех IoT-приложений, и не только в финансовой сфере. В частности, в отчёте, подготовленном в сенате США, говорится, что мобильные телефоны и такие встроенные системы, как General Motors On Star, могут подключаться к автомобильным системам управления. Среди возможных последствий — "принудительное выполнение транспортным средством внезапных ускорений и поворотов, отключение тормозов, подача звукового сигнала, управление фарами, изменение показателей спидометра и индикатора топлива". На газовой скважине или нефтеперерабатывающем заводе используются не такие каналы связи, как на автомобиле, но и здесь злоумышленники могут проникнуть в систему IoT-управления через уязвимое соединение.

Что же касается модных сегодня "умных городов", то там проблем ожидается ещё больше. Концепция "умного города" в настоящее время широко обсуждается, и масса организаций работает над созданием особых технологий, которые позволят сделать город энергоэффективным, комфортным, экологичным и физически безопасным. При этом вопросы ИБ таких городов остаются на втором плане несмотря на то, что чем больше высоких технологий в городском пространстве, тем выше риск их использования для реализации разнообразных сценариев кибератак. Однако если не подумать о защите заблаговременно, то впоследствии решать возможные проблемы будет гораздо сложнее и затратнее, а город при этом может стать открытым для киберпреступников. Именно поэтому ведущие исследователи и компании, работающие в сфере ИБ (Лаборатория Касперского, IOActive, Bastille и Cloud Security Alliance), объединяют свои усилия и начинают обмениваться экспертными знаниями в рамках международной некоммерческой инициативы Securing Smart Cities, призванной решить проблемы ИБ современных городов. Проект объединит организации, правительства, СМИ, некоммерческие компании и отдельных экспертов, занимающихся разработкой, совершенствованием и продвижением безопасных технологий для городского пользования.

Разумеется, вопросы ИБ обозримого будущего отнюдь не ограничиваются IoT, IoE или растущим внедрением облачных технологий. В феврале текущего года в Стэнфордском университете в Пало-Альто состоялась конференция Белого дома по кибербезопасности и защите потребителей, в которой приняли участие Б. Обама, представители его администрации, главы крупнейших энергетических и интернет-компаний, банков и платёжных систем. Многое из того, что говорилось на этом форуме, может быть экстраполировано на любую развитую страну, довольно далеко зашедшую по пути внедрения Интернета во все стороны жизни государства.

Если говорить коротко, то США собираются взять на себя ответственность за обеспечение безопасности всех 3 млрд пользователей Интернета и 10 млрд подключённых устройств. Безопасность в Интернете официально увязана с военной и энергетической безопасностью, а также экономическим ростом США, ну а хакерские атаки считаются угрозой национальной безопасности.

Директор национального комитета по экономике Джеф Зайнтс призвал частный сектор объединить усилия с государством, чтобы построить лучшую систему кибербезопасности в мире. Если этого не сделать, неэффективная защита станет тормозом в развитии экономики США. Компании несут прямые потери от взломов в десятки миллионов долларов и потенциальные потери в миллиарды долларов из-за кражи разработок и технологий киберворами интеллектуальной собственности — от истребителей до смартфонов. Тут прозвучал более чем прозрачный намёк на Китай и южнокорейские компании.

Кибербезопасность и защита потребителей, по словам Зайнтса, — это две стороны одной медали. Он привёл статистику: девять из десяти американцев считают, что утратили контроль над своими персональными данными, а значит, со временем они могут потерять веру в цифровую экономику США. Более 100 млн аккаунтов было скомпрометировано в результате взломов за прошлый год только в США. Всё это повышает издержки американского бизнеса, поэтому необходимо инвестировать в кибербезопасность системно и агрессивно. При этом Зайнтс заявил, что эти вложения можно превратить из затрат на снижение бизнес-рисков в источник доходов, так как, будучи лучшими в защите информации, США смогут предоставлять защищённые хранилища для неё всему миру, услуги по проведению платежей, банкингу и личным коммуникациям через американские же смартфоны.

Американские компании делают многое, чтобы защитить безопасность своих пользователей и свою репутацию, однако в одиночку они не могут справиться с этим и имеют право ожидать от США решительных действий, если они подверглись взлому. Иными словами, администрация предлагает конгрессу США снова расширить полномочия президента по силовому вмешательству в мире.

Секретарь департамента коммерции Пенни Притцкер, принадлежащая к одной из правящих династий США, сделала обзор полярных точек зрения на право государства распоряжаться персональными данными пользователей. Она, в частности, указала на необходимость обучения молодых специалистов по кибербезопасности. Тем более, что согласно исследованиям PWC, 85 % руководителей компаний беспокоят эти вопросы ("Странно, что не 100%!" — удивилась П. Притцкер), ведь к Интернету в США подключено уже практически всё — от термостатов до тостеров. На вопрос П. Притцкер, уверены ли компании, что инвестируют в безопасность достаточно, участники ответили, что никто не знает, сколько "достаточно". Инвестировать надо, но процесс — бесконечный: сколько бы они ни вкладывали, тех, кто "ломает", — больше, и это надо понимать.

Глава корпорации Apple Тим Кук заявил, что все имеют право на приватность и безопасность. В частности, Apple продаёт лучшие технологии в мире, но никогда и никому не продаёт персональные данные своих пользователей, ни из iCloud, ни из почты, ни из истории браузера. Теперь к этим данным присоединяется информация о состоянии здоровья и финансовых транзакциях, и они тоже не будут переданы никому и никогда. Глава Apple заявил, что компания запрашивает вашу информацию лишь для того, чтобы повысить качество своих услуг. Пользователи сами выбирают, что, как и когда передавать Apple, а что запретить распространять. Как отметили СМИ, при этом в голосе Т. Кука чувствовалась обида, что может быть связано со шквалом критики, который пережила недавно Apple после череды взломов профилей голливудских звёзд. Также Apple обиделась на ритейл за сопротивление Apple Pay, а ведь эта система — самая безопасная, так как уже основана на биометрической идентификации. Преступность в сети растёт очень быстро, и нельзя затягивать с внедрением разработки Apple. Теперь же американскому бизнесу дан чёткий сигнал практически из Белого дома. Всю концовку своего выступления Тим Кук посвятил важности работы администрации президента в области кибербезопасности, так как одной компании, даже такой, как Apple, это не под силу. Apple активно сотрудничает с государством в этом вопросе и сразу же внедряет плоды этого сотрудничества.

Президент Б. Обама начал своё выступление шутками про то, какие у него были пароли. Потом он обратил внимание аудитории на двойственность информационных технологий, которые одновременно дают Америке силу и делают её уязвимой. Например, армия США наиболее технологически развита, однако подвергается угрозам хакеров из России и Китая (впрочем, а что ещё он мог ожидать, если только что его страна впервые решила проводить хакерские атаки на военную инфраструктуру противников в зоне конфликтов, как следует из обновлённой стратегии Министерства обороны США в сфере кибербезопасности). Между тем подвергаются опасности финансовые системы, энергетические сети, здравоохранение, авиационные службы. Одними из самых серьёзных угроз он считает компрометацию данных граждан США, хищение денег онлайн и угрозу безопасности детей.

Далее Б. Обама озвучил следующие принципы безопасности:

— принцип разделения — правительство и бизнес должны работать над обеспечением кибербезопасности вместе, должен быть налажен обмен информацией;

— фокус на сильные стороны — бизнес укрепляет свою защиту и разрабатывает технологии, государство обеспечивает стандарты и их повсеместное внедрение;

— фокус на приватность — обеспечение безопасности и уважение частной жизни;

— стандарты по информированию пользователей о хищении их персональных данных;

— пользователи должны знать, какая их персональная информация собирается и как она будет использована;

— создание объединённого центра борьбы с киберугрозами, компании должны направлять информацию об атаках и делиться наработками по противодействию;

— хабы обмена информацией для ускорения получения данных;

— создание комитета по кибербезопасности;

— инвестиции в биометрическую идентификацию.

Несмотря на то что правительству США, вроде бы, удалось разработать детальную программу деятельности в области Интернета, его безопасности, развития и защиты доминирующего положения своей киберэкономики, консолидировать общество и бизнес, указанных стандартов пока нет, да и в мире всё обстоит не так просто. Ведь весь мир, включая Европу, в соответствии с новой политикой США оказывается на вторых ролях, и любая попытка изменить эту ситуацию будет выглядеть как угроза национальной безопасности этой страны. Таким образом, вектор действий США на ближайшие годы задан чётко, и всем строителям Солнечного города из "интернет-кирпичиков" следует учитывать, что обеспечение ИБ для одной страны может представлять собой потенциальную угрозу ИБ для всех остальных.

По материалам ***Cisco, Gazeta.ru, CNews, vestnik-sviazy.ru, PCWeek, Лаборатория Касперского, newsru.com.***

ПРИЗЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

Редакция рассмотрела поступившие письма читателей с купонами журнала "Радио" за 2014 год. В результате наши призы, наборы для самостоятельной сборки **"Автомат световых эффектов на микроконтроллере"**, получат ***Ф. П. Мудров*** (ст. Ардым Пензенской обл.), ***Н. С. Дмитриев*** (г. Канаш, Чувашия), ***В. Н. Фетисов*** (г. Серпухов Московской обл.), ***Н. С. Краснощёков*** (г. Красноярск), ***В. Г. Попсуйко*** (г. Харабали Астраханской обл.).

Поздравляем всех призёров!
Желаем успехов в творчестве!

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Помните, что журнал "Радио" радиолюбительский и для радиолюбителей. Мы публикуем статьи по тематикам, интересующим широкий круг читателей. Пишите нам, что Вы хотели бы видеть на страницах журнала, какие темы интересны, а от каких публикаций можно воздержаться. Конечно, мы не гарантируем, что сможем удовлетворить все пожелания, но постараемся их учесть.

Присылайте нам статьи с описаниями своих разработок. Мы рассматриваем всю поступающую почту. В случае положительного решения Ваша статья будет опубликована на страницах журнала "Радио" и сможет в дальнейшем участвовать в конкурсе на лучшую публикацию.

Напоминаем, что конкурс на лучшую публикацию 2015 года продолжается. Приглашаем всех читателей стать заочными членами жюри этого конкурса. Напишите нам, какие, на Ваш взгляд, материалы, опубликованные в журнале "Радио" в 2015 г., заслуживают быть отмеченными премиями. В своих письмах указывайте, пожалуйста, фамилию автора, полное название статьи, номер журнала, в котором она опубликована, а также премию (первая, вторая, третья, поощрительная), которую заслуживает статья. Число указанных материалов не должно превышать восьми. Ваше мнение мы сможем учесть, если Вы отправите письмо не позднее **31 марта 2016 г.** (по почтовому штемпелю). Письмо можно направить и по электронной почте на адрес **mail@radio.ru** с обязательной пометкой в поле "Тема" — "Лучшие публикации 2015 года". По традиции читатели, назвавшие правильно не менее четырёх статей, признанных лучшими, получат наши призы.

Редакция

Выходной каскад класса А для УМЗЧ без общей ООС

А. ПЕТРОВ, г. Могилёв, Белоруссия

Предлагаемая автором концепция построения мощного выходного каскада УМЗЧ исключает большинство нелинейных искажений, присущих двухтактным выходным каскадам на лампах или транзисторах. Введение следящего питания позволяет достичь очень малых нелинейных искажений — на уровне тысячных долей процента! Такой выходной каскад (его мощность более 20 Вт) вполне пригоден для работы с АС чувствительностью не менее 90 дБ.

Назначение выходного каскада (ВК) УМЗЧ — передать сигнал с выхода усилителя напряжения (УН) на низкоимпедансную нагрузку (акустическую систему) с наименьшими искажениями. Очень часто такой усилитель тока выполняют в виде мощного повторителя напряжения на транзисторах.

ВК присущи следующие основные виды искажений: тепловые, кроссоверные, переключательные и искажения, связанные со спадом статического коэффициента передачи тока базы с ростом тока нагрузки. Ну и в некоторой степени проявляются нелинейные искажения, связанные с эффектом Эрли в усилительных приборах.

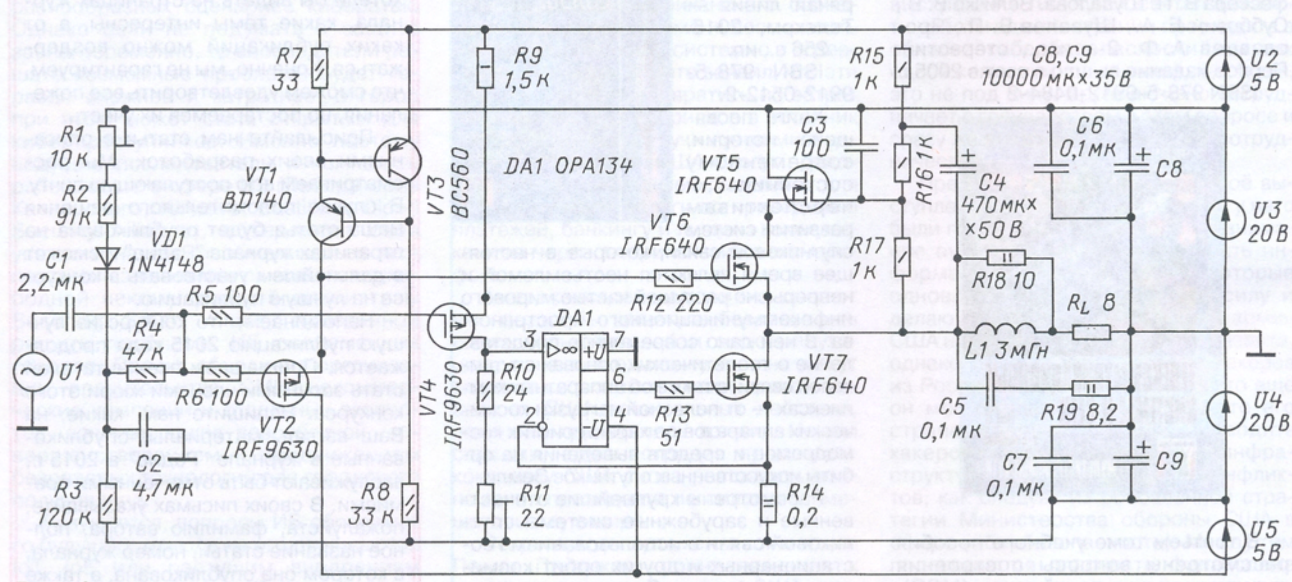


Рис. 1

Тепловые искажения обусловлены мгновенным изменением температуры кристаллов и связанным с этим изменением в несколько раз (2...3 раза) статического коэффициента передачи тока базы, а также изменением падения напряжения на эмиттерном переходе. Это проявляется в виде паразитной амплитудной модуляции полезного сигнала его собственной огибающей [1].

Кроссоверные искажения в ВК, работающем в режиме класса АВ, возникают вблизи переходов сигнала через ноль из-за неоптимального выбора тока покоя и нестабильности выходного сопротивления.

Переключательные искажения возникают из-за стабилизирующих режим резисторов, включённых в цепи эмиттеров или истоков мощных транзисторов. Чем меньше сопротивление этих резисторов, тем меньше переключательные искажения.

С ростом тока нагрузки (тока эмиттера, истока) растёт и необходимое напряжение на управляющем электроде: например, у биполярных транзисторов (БТ) — с 0,5 до 2,5 В при изменении тока с 0,1 до 10 А, у полевых транзисторов (ПТ) с вертикальным каналом — с 4 до 6 В, а у транзисторов с горизонтальной структурой канала — с 0,6 до 8 В при изменении тока с 0,1 до 7 А. Это и определяет, наряду с изменяющимся выходным сопротивлением, основную ошибку (искажения) между входом и выходом простого повторителя.

Кроме того, в двухтактных повторителях на комплементарных транзисторах возникают дополнительные искажения из-за их неполной комплементарности, в том числе и на высоких частотах из-за разных частотных свойств. Неудивительно, что многие разработчики до сих пор отдают предпочтение квазикомплементарным ВК.

В УМЗЧ без общей ООС, характеризующихся менее широким спектром гармоник по сравнению с усилителями с глубокой ООС, более высоки требования к ВК. Поэтому типовые выходные каскады класса АВ, обычно используемые в усилителях с глубокой ООС, не годятся. Исключением являются ВК с корректором Хаксфорда как на БТ [2], так и на ПТ [3], а также более сложные повторители с использованием дифференциального каскада [4] или со структурой ОБ-ОК (ОЗ-ОС) [5]. Такие повторители, в том числе и с отрицательным выходным сопротивлением, были представлены и обсуждены на форуме [6].

На основании вышеизложенного в качестве ВК для УМЗЧ без общей ООС наиболее привлекательны всё же повторители на транзисторах в режиме класса А. Основное условие принадлежности к классу А — отсутствие режима отсечки во всех режимах работы, т. е. ток сигнала через транзисторы каждого плеча ВК протекает в течение полного периода сигнала. Однако это справедливо для нагрузки с постоянным импедансом. Акустические системы такой нагрузкой не являются, так как могут иметь существенную просадку импеданса, что неизбежно ведёт к выходу из режима класса А.

В однотактных повторителях в качестве нагрузки нередко используют резистор (можно встретить даже дроссель или лампу накаливания), с помощью которого и задают необходимый ток покоя, а с него через конденсатор подают сигнал на акустическую систему. Искажения такого ВК относительно велики, хотя и низкого порядка, так как нелинейность передаточной характеристики преимущественно квадратичная. Звучание с такими повторителями в УМЗЧ напоминает звучание с однотактными ламповыми усилителями. Существенно улучшить параметры однотактного ВК можно, если в качестве нагрузки использовать генератор стабильного тока (ГСТ) [7]. По этому пути последовал Чиуффоли (Ciuffoli, его усилитель Follower 99), а также разработчики усилителей Grimmi. Однако и это решение улучшает параметры однотакт-

ного ВК недостаточно эффективно. Более высоких параметров (меньшие искажения, низкое выходное сопротивление) можно добиться, используя псевдодвухтактные каскады [8]. Дальнейшее усовершенствование одного из повторителей на БТ представлено на форуме [6].

В отношении двухтактных повторителей в ВК принято считать, что для достижения малых искажений достаточно взять типовой (например, "тройку" Дарлингтона на БТ или ВК на ПТ) и увеличить ток покоя до выхода в режим класса А. Однако, как показали исследования такого ВК [9], его нелинейные искажения и выходное сопротивление относительно велики и не могут в полной мере отвечать требованиям высококачественного звуковоспроизведения. Более правильный подход к стабилизации тока покоя с помощью токового шунта был предложен Алисоном ещё в 1972 г., но и шунт не решает в полной мере проблему коммутационных искажений.

Среди схем управления транзисторами в плечах ВК можно встретить и трансформаторные с отдельными выходными обмотками. С помощью термокомпенсированных источников напряжения задают смещение для получения оптимального тока покоя, а через вторичные обмотки трансформатора управляют в противофазе транзисторами плеч ВК. Преимуществом такого подхода является возможность использования в обоих плечах ВК транзисторов одинаковой структуры, что устраняет недостатки, связанные с неполной комплементарностью мощных транзисторов. Но и этот способ управления также не позволяет отказаться от резисторов в цепях эмиттеров (истоков) — источника коммутационных искажений.

Двухтактный повторитель можно сделать на транзисторах одинаковой структуры с использованием отражателя тока [10]. Такое решение позволило существенно повысить параметры маломощных повторителей. Суть идеи состоит в том, чтобы сохранить режим А при максимальной амплитуде выходного напряжения и обеспечить ток транзистора, работающего в режиме повторителя, строго постоянным. С целью устранения тепловых искажений в предлагаемом здесь ВК, наряду со стабилизацией тока повторителя, стабилизировано и напряжение на нём посредством дополнительного следящего каскада, как показано на **рис. 1**.

Основные технические характеристики

Выходная мощность на нагрузке 8 Ом, Вт 14
Максимальная выходная мощность при $K_г$=0,2 %, Вт 22,5
Полоса пропускания на уровне –3 дБ, Гц ....2...300000
Коэффициент нелинейных искажений ($K_г$) при $P_{вых}$=14 Вт, %
на частоте 1 кГц 0,001
на частоте 20 кГц 0,007
на частоте 50 кГц 0,05
Коэффициент демпфирования 80
Входное сопротивление, кОм 47
Входная ёмкость, пФ 130
Ток покоя выходных транзисторов, А 2,5

ВК выполнен на распространённых полевых транзисторах вертикальной структуры IRF9630, IRF640. Входной сигнал поступает на повторитель напряжения на транзисторе VT2 с каналом p-типа. Он же играет роль термокомпенсатора напряжения смещения для транзистора выходного каскада. С целью уменьшения нелинейных искажений повторитель нагружен на генератор стабильного тока (ГСТ) с током около 20 мА на транзисторах VT1, VT3. Выходной же повторитель выполнен на транзисторах VT5—VT7, причём VT5 обеспечивает следящее питание транзистора VT6, а VT7 входит в узел прецизионного масштабного отражателя тока.

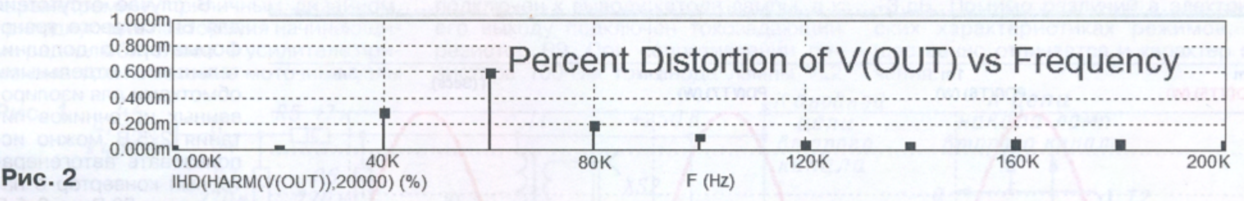


Рис. 2

Одновременно входной сигнал поступает на полевой транзистор VT4 — преобразователь напряжение—ток относительно плюсовой шины питания. Питание преобразователя повышено на 5 В с помощью изолированного стабилизированного источника напряжения U2. Теоретически надбавка напряжения питания должна быть равна напряжению затвор—исток транзистора VT4, в этом случае падение напряжения на резисторе R9 равно напряжению питания верхнего плеча ВК. В практической реализации это напряжение принято равным 5 В, чтобы использовать интегральный стабилизатор на микросхеме. Питание ГСТ от этого же источника позволяет более полно использовать источник напряжения U3 (сделать ограничение максимальной амплитуды сигнала более симметричным и близким к напряжению питания).

На микросхеме DA1, транзисторе VT7 и резисторах R10, R11, R13, R14 выполнен прецизионный масштабный отражатель тока. Подстроечным резистором R11 выставляют расчётный ток покоя. Резистор R14 должен иметь малый температурный коэффициент (ТКС), его можно сделать из константана или манганина. В качестве транзистора VT7, кроме ПТ, можно использовать мощный транзистор Дарлингтона n-p-n структуры. В качестве ОУ необходимо использовать быстродействующие микросхемы с минимальным напряжением питания не более +/–5 В, способные работать с единичным коэффициентом усиления, например, AD823, OPA134, OP275, OP249, OPA627, LT1122, AD845, AD843 и др. Из ОУ более ранних разработок можно использовать LM318 (LM118, LM218). Для увеличения нагрузочной способности выходы сдвоенных ОУ можно объединять через резисторы сопротивлением 100...200 Ом.

Все ПТ и диод VD1 должны быть закреплены на общем теплоотводе.

Источник питания усилителя, стабилизированный на напряжение +/–20 В, выполнен по схеме из [11], но выходное напряжение увеличено за счёт включения последовательно со стабилитронами светодиодов красного свечения. Кроме того, добавлены изолированные источники питания с напряжением по 5 В (на микросхемах стабилизаторов LM78L05, LM79L05 или аналогичных). Это позволило получить максимальную амплитуду выходного сигнала до ±19,5 В (при общем суммарном напряжении питания ВК 40 В).

Спектр гармоник при выходной мощности 14 Вт (амплитуда напряжения 15 В) на частоте 20 кГц показан на **рис. 2**.

Как видно из графика, спектр гармоник содержит в основном вторую и третью гармоники и носит спадающий характер. В качестве мощных транзисторов, кроме IRF640, можно использовать IRFP140, IRFP150. С транзисторами IRFP240 нелинейные искажения возрастают примерно на порядок, т. е. до 0,01 %.

Для минимизации искажений мощного повторителя (да и всего УМЗЧ) важна стабильность его выходного сопротивления, которое зависит как от тока ПТ, так и от температуры его кристалла. А так как ток стока и выделяемая на транзисторе VT6 мощность постоянны, то и все виды искажений, в том числе и тепловые, минимальны. Например, сопротивление канала исток—сток транзистора IRF640 при изменении температуры кристалла с 25 до 150 °С увеличивается в 2,5 раза.

Кроме того, нелинейные искажения минимальны при оптимальном импедансе нагрузки. Его отклонение (как в плюс, так и в минус), что имеет место для реальных АС, ведёт к росту второй гармоники при сохранении всех остальных.

Преимущества предлагаемого каскада наиболее заметно проявятся при полосовом усилении СЧ-ВЧ с современными динамическими головками (с постоянным импедансом). Для полосы же НЧ более пригодны ВК с отрицательным импедансом, например, с корректором Хаксфорда или по структуре ОБ-ОК с охватом ОС.

Что касается применимости для полосы НЧ выходных каскадов с токо-

вым выходом (ИТУН), который увеличивает отдачу АС в области основного резонанса НЧ-головки, для линеаризации результирующей АЧХ включают параллельно этой головке последовательный LC-фильтр оптимальной добротности. Получаемый эффект, по моему мнению, напоминает работу АС с фазоинвертором (с теми же недостатками). На самом деле в этой области частот головка слабо контролируется самим ВК, и бо́льшая часть тока ВК уходит в LC-фильтр. Выравнивание АЧХ лучше делать с помощью корректора Линквица, а ВК с отрицательным выходным импедансом даёт эффект, похожий на действие ЭМОС [12].

Теперь о мощности, выделяемой в ВК. В отсутствие сигнала на выходных транзисторах выделяется суммарная мощность 100 Вт (40 В × 2,5 А = 100 Вт, по 50 Вт в плечах). На **рис. 3** показаны колебания мощности, рассеиваемой на выходных транзисторах VT5, VT6 и VT7 при амплитуде выходного напряжения 4 и 16 В.

Анализ показывает, что для верхнего плеча повторителя рассеваемая мощность на транзисторе VT6 равна примерно 9 Вт во всех режимах работы ВК. Остальные 41 Вт выделяются на транзисторе VT5, обеспечивающем следящее питание. Тепловые искажения транзистора VT5 могут сказываться только на эффекте Эрли транзистора VT6, но это ничтожно малые искажения по сравнению с другими видами искажений.

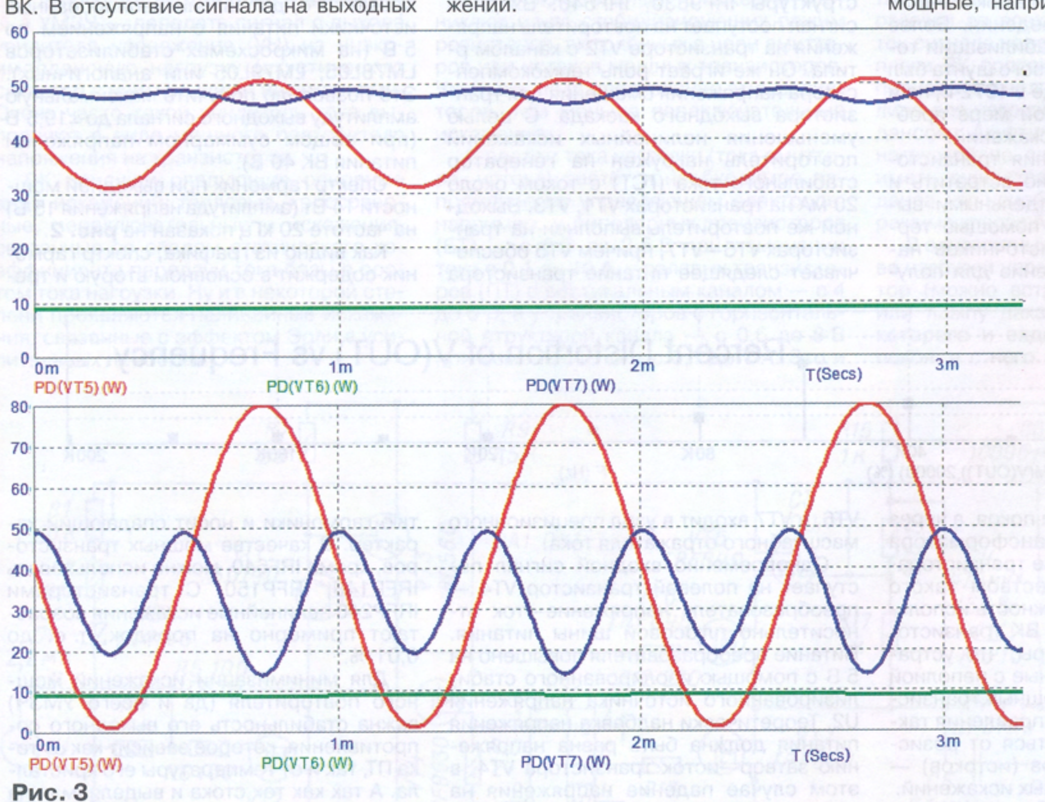


Рис. 3

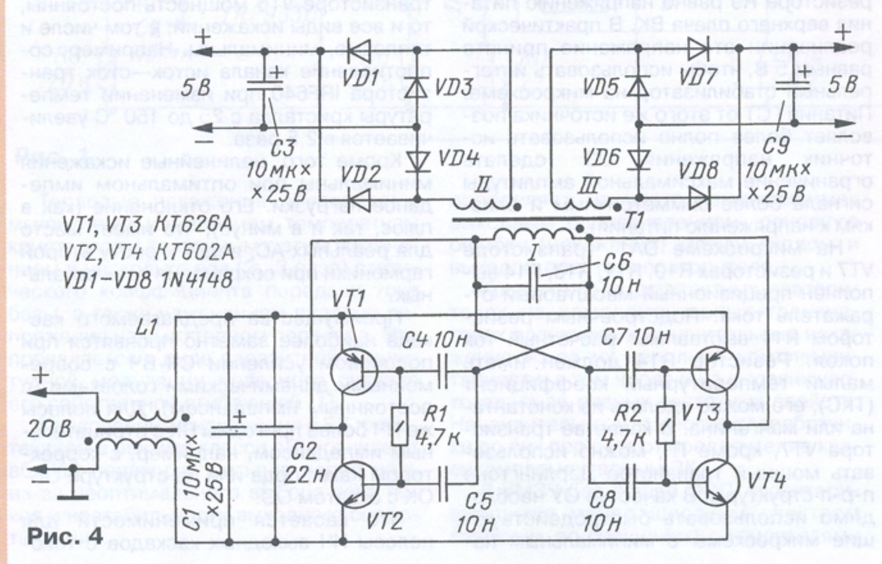


Рис. 4

На нижнем плече ВК (VT7) в отсутствие сигнала выделяется мощность 50 Вт (20 В × 2,5 А = 50 Вт). По мере увеличения выходного напряжения средняя мощность, выделяемая этим транзистором, снижается примерно до 35 Вт при выходном напряжении 16 В на нагрузке 8 Ом. Но так как этот транзистор работает в режиме прецизионного масштабного отражателя тока с глубокой ООС, то и тепловые искажения этого транзистора существенно подавлены и не сказываются на точности работы отражателя.

При увеличении напряжения питания до +/–25 В в качестве выходных транзисторов следует использовать спаренные транзисторы, в том числе и более мощные, например, IRFP140, IRFP240, IRFP150. При этом неискажённая выходная мощность достигает 25 Вт при токе покоя 3 А и средней рассеиваемой мощности на выходных транзисторах около 150 Вт (по 75 Вт на плече), что потребует принудительного охлаждения теплоотводов выходных транзисторов.

В случае отсутствия для БП сетевого трансформатора с дополнительными отдельными обмотками для изолированных источников питания 2×5 В можно использовать автогенераторный конвертор с напряжения 20 В на 2×5 В (нестабилизированное) по схеме на **рис. 4**, а также с более сложным трансформатором на основе ГСП магнитофонов "Маяк-001", "Электроника ТА1-003" или других, либо отдельными готовыми конверторами TMA 1505D, MAU 151, VBTI-S15-S5-SMT, PS1R5-12-5, SPS1R5-12-5 и другими, снизив напряжение питания до оптимального для входа конвертора.

Трансформатор Т1 выполнен в броневом магнитопроводе 22Б-22 из феррита М2000НМ1 или на кольце типоразмера К20×10×5. Обмотка I содержит 20 витков провода ПЭВ-2 0,33, обмотки II и III содержат по 11 витков того же провода. Достоинство такого конвертора — в простоте трансформатора и отсутствии необходимости фазировки обмоток. Частота преобразования зависит от ёмкости конденсатора С6. При использовании стабилизаторов LM78L05, LM79L05 число витков вторичных обмоток необходимо увеличить в 1,5 раза, т. е. до 16 витков. При этом дополнительное напряжение в нижнем плече может быть нестабилизированным от 5 до 8 В.

Помехоподавляющий дроссель L1 намотан на металлопорошковом кольце (iron powder core) C12-B4 (T50-52B — кодировка Micrometals) зелёного цвета и содержит две обмотки по 25 витков

провода ПЭВ-2 0,22. За неимением кольца из альсифера можно использовать ферритовое М2000НМ типоразмера К12×6×4,5 или аналогичное.

О налаживании. Подстроечным резистором R1 выставляют ноль на выходе ВК при питании от источника с "заземлённой" средней точкой или половину напряжения питания (по 20 В на конденсаторах С8, С9) при питании от источника 40 В с "незаземлённой" средней точкой.

Регулировкой подстроечным резистором R11 устанавливают расчётный ток покоя (2,5 А) или по минимуму нелинейных искажений при амплитуде выходного напряжения на 3...5 В ниже напряжения питания одного плеча ВК.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ежков Ю.** Справочник по схемотехнике усилителей. — М.: РадиоСофт, 2002.
2. **Hawksford M. J.** Distortion correction in audio power amplifiers. — Journal AES. 1981, № 1/2, p. 27—30.
3. **Cordel R.** A MOSFET power amplifier with error correction. — Journal AES, 1984, № 1/2. — URL: **http://www.cordellaudio.com/papers/MOSFET_Power_Amp.pdf** (14.04.15).
4. **Петров А.** Повторитель напряжения класса АВ. — Радиомир, 2010, № 8, с. 5—8.
5. **Петров А.** Новое в схемотехнике выходных каскадов. — Радиомир, 2014, № 5, с. 3—5.
6. Новый усилитель Петрова. — URL: **http://forum.vegalab.ru/showthread.php?t=67498&page=1** (14.04.15).
7. **Вонфор К.** Транзисторный биполярно-полевой УНЧ класса А. Радиохобби, 1999, № 2, с. 14.
8. **Петров А.** Псевдодвухтактные выходные каскады класса А. — Радиохобби, 2014, № 4, с. 57—61.
9. **Петров А.** Взаимодействие выходного каскада безОСного УМЗЧ с АС и его чувствительность к внешним воздействиям. — Радиомир, 2014, № 9, 10.
10. **Петров А.** Сверхлинейный ЭП с высокой нагрузочной способностью. — Радиоаматор, 2002, № 4, с. 16.
11. **Орешкин В.** Стабилизатор напряжения питания УМЗЧ. — Радио, 1987, № 8, с. 31.
12. **Акулиничев И.** Токовая обратная связь в усилителе НЧ. — Радио, 1975, № 1, с. 54, 55.

Однотактный стереоусилитель на пентодах

О. ПЛАТОНОВ, г. Пермь

При создании этого усилителя ставилась задача сделать максимально простую конструкцию с хорошими параметрами и приличным дизайном, пригодную для повторения начинающими радиолюбителями. В усилителе применены только готовые моточные узлы (сетевой и выходные трансформаторы, дроссель) от бытовой ламповой аппаратуры прошлого века.

Рис. 1

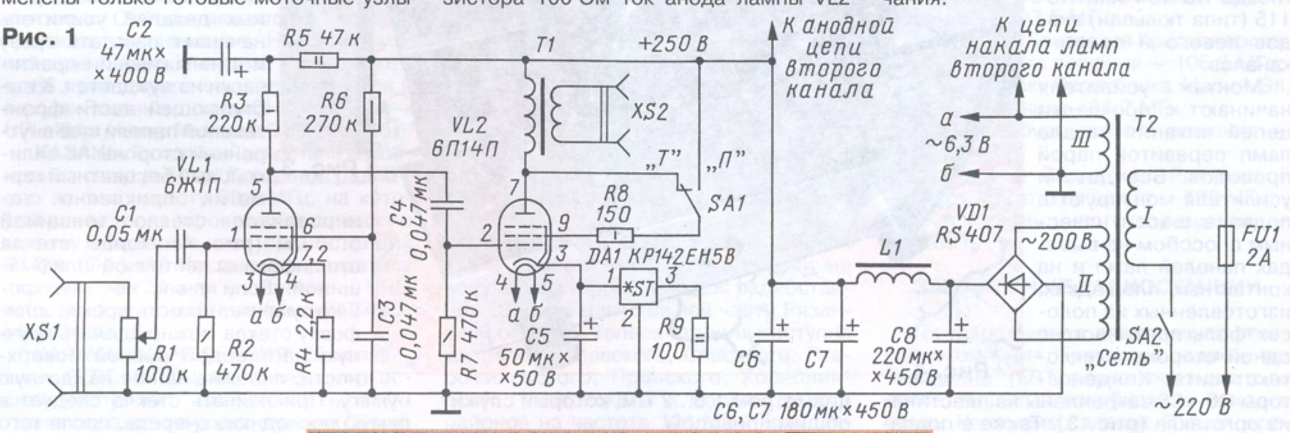


Схема одного из каналов усилителя приведена на **рис. 1**. Входной сигнал поступает на регулятор громкости R1 и далее через конденсатор С1 на управляющую сетку лампы VL1. Пентод 6Ж1П был выбран из соображений экономичности (ток накала лампы — 180 мА), недефицитности и приличных параметров (эта лампа использовалась в микрофонных усилителях профессионального применения).

С резистора нагрузки R3 через конденсатор С4 усиленный сигнал поступает на управляющую сетку лампы выходного каскада VL2. Лампа VL2 работает с автоматическим смещением, но в цепь её катода включён источник тока на микросхеме КР142ЕН5В (стабилизатор напряжения + 5 В). Вход стабилизатора подключён к выводу катода лампы, а к его выходу подключён токозадающий резистор R9. При сопротивлении резистора 100 Ом ток анода лампы VL2 равен 50 мА. Применение источника тока позволило улучшить линейность частотной характеристики усилителя.

Рис. 2

Переключатель SA1 в цепи питания экранной сетки VL2 позволяет выбирать режим включения лампы — пентодный или триодный. В пентодном режиме максимальная выходная мощность усилителя составляет около 2 Вт на нагрузке 8 Ом в полосе рабочих частот 120 Гц...25 кГц по уровню –3 дБ. В триодном включении мощность усилителя — не менее 1 Вт на нагрузке 8 Ом и полосе 40 Гц...12,5 кГц по уровню –3 дБ. Помимо различий в электрических характеристиках режимов, существенно отличается и характер звучания.

Усилитель собран на шасси, представляющем собой стальную раму размерами 240×150×54 мм, припаянную к стальному листу размерами 240×150×0,7 мм, в котором предварительно вырезаны необходимые отверстия для установки радиоламп, сетевого и выходных трансформаторов, для вентиляции. Места пайки листа и рамы тщательно промыты, зачищены и зашпаклёваны полиэфирной автомобильной шпаклёвкой, после чего всё шасси загрунтовано и покрашено автомобильной эмалью (**рис. 2**).

Выходные трансформаторы помещены в стальные экраны. Это, скорее, эстетическая, чем техническая необходимость. Для этой цели были найдены подходящие металлические коробки, внутри которых по углам были припаяны винты М3 с предварительно отпиленными

головками. Винты должны выступать наружу за край коробки на 6...8 мм, с их помощью коробки крепятся к шасси с нижней стороны четырьмя гайками М3. Экраны трансформаторов также загрунтованы и покрашены автоэмалью.

Фронтальная панель усилителя вырезана из алюминиевого листа марки АМГ-5 толщиной 1,5 мм, отполирована мелкой наждачной бумагой под струёй тёплой воды и покрыта бесцветным автомобильным лаком. На панели установлены сетевой выключатель с подсветкой и регуляторы громкости каналов. Панель имеет размеры 240×65 мм, её верхняя кромка выступает над шасси на 10 мм.

На задней стенке шасси установлены сетевой разъём с предохранителем, нажимной клеммник WP4-18FB для подключения акустических систем и два RCA гнезда RS-104 или RS-115 (типа тюльпан) входов левого и правого каналов.

Монтаж усилителя начинают с прокладки цепей питания накала ламп перевитой парой проводов. Все детали усилителя монтируют в подвале шасси навесным способом на выводах панелей ламп и на контактных площадках, изготовленных из полосок фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Конденсаторы С6—С8 закреплены на пластинах из оргстекла (**рис. 3**). Также в подвале шасси вдоль его передней панели припаивают медный лужёный провод диаметром 1,5...2 мм, который служит общим проводом.

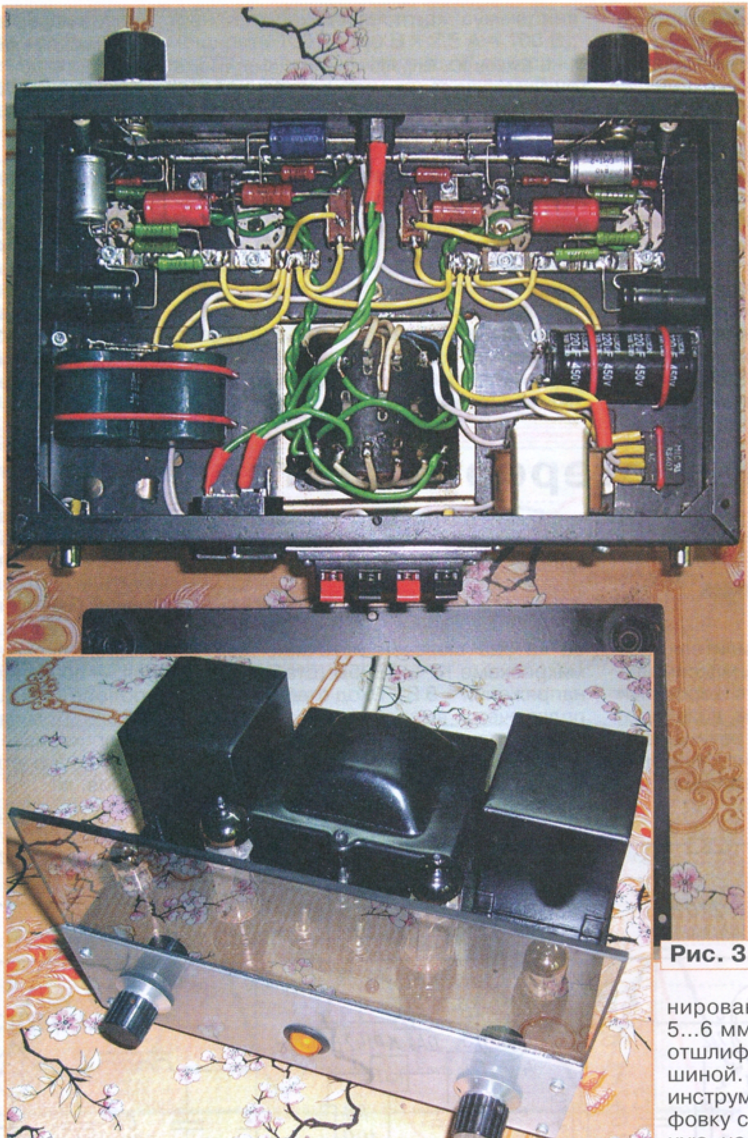


Рис. 3

Рис. 4

Все постоянные резисторы — ВС, МЛТ или УЛИ, переменные — серии 16К1 или S16KN1 с функциональной характеристикой В. Оксидные конденсаторы — К50-35 или их импортные аналоги, остальные — МБМ (С1) и БМТ-2 (С3, С4). Номиналы могут отличаться на ±20 % от указанных на схеме.

Выходные трансформаторы — ТВ-3Ш или аналогичные от выходных НЧ-каскадов телевизоров на лампах 6П14П. Сетевой трансформатор Т2 — от магнитофона "Комета-201" или любой другой, обеспечивающий на вторичной обмотке напряжение 190...200 В при токе 150 мА. Дроссель фильтра питания — Д-16, Д-17.

Диодный мост RS407 анодного выпрямителя выбран с большим запасом. Его можно заменить на КЦ401—КЦ405 или любой другой с обратным напряжением 500 В и током 300 мА. Переключатель SA1 — МТ1, SA2 — MIRS-101-8C3 с подсветкой.

Собранный из исправных деталей усилитель начинает работать сразу и в налаживании практически не нуждается. К выступающей части фронтальной панели с её внутренней стороны на силиконовый бесцветный герметик приклеено тонированное стекло толщиной 5...6 мм (**рис. 4**). Торцы стекла отшлифованы ленточной шлифмашиной. Если у вас нет электроинструмента, но есть время, шлифовку стекла можно сделать вручную на твёрдой ровной поверхности, положив на неё наждачную бумагу. Приклеивать стекло следует в самую последнюю очередь, после того как весь усилитель окончательно собран. ■

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

30 июня Государственная комиссия по распределению частот (ГКРЧ) рассмотрит вопрос выделения полосы радиочастот 174...230 МГц для создания на территории РФ сетей цифрового радиовещания в стандарте DAB+ (Digital Audio Broadcasting+). Цифровизация радио изначально была частью федеральной целевой программы (ФЦП) "Развитие телерадиовещания в РФ на 2009—2015 годы". Но в 2012 г. правительство изъяло из ФЦП задачи по развитию радио, приостановив его переход на "цифру".

Теперь чиновники решили вернуться к этой идее, но уже в другом формате. Ранее, как основной стандарт, рассматривался DRM (Digital Radio Mondiale). Но в 2013 г. "Европейский вещательный союз" (EBU) признал наиболее перспективным стандарт DAB+. Он "отличается устойчивостью, обладает высокой эффективностью использования спектра и экономичностью, что делает стандарт DAB+ актуальным и перспективным для России", говорится в материалах ГКРЧ. DAB+ позволяет разместить на одном канале 12—18 радиостанций с высоким качеством звука вместо одной, разнообразить услуги для владельца приёмника (текстовые сообщения, объявления и др.), решить проблему вещания в труднодоступных районах (источник — URL: **http://www.kommersant.ru/doc/2743959** (24.06.15)).

Пока ни одна радиостанция в России не объявила о своём закрытии из-за кризиса, хотя некоторые ушли из ночного эфира. Об этом сообщил президент Российской академии радио, гендиректор ФГУП "Российская телевизионная и радиовещательная сеть" Андрей Романченко. Выступая на конференции "Будущее регионального радио", проводимой в г. Сочи, Романченко рассказал, что в отдельных регионах местные радиостанции снизили время своего вещания с 42 часов в неделю до 17 часов. В условиях урезания рекламных бюдже-

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

тов региональные радиостанции, имеющие сетевых партнёров, вынуждены сокращать свою долю вещания и искать альтернативные источники доходов. По состоянию на 1 января 2015 г. в реестре Роскомнадзора зарегистрированы 3182 действующие лицензии на радиовещание (источник — URL: **http://tass.ru/obschestvo/2033857** (24.06.15)).

АЛТАЙ. Новая информационно-музыкальная радиостанция "Искатель" сменила радиостанцию "Юмор FM" на частоте 100,6 МГц в г. Горно-Алтайске. С января 2015 г. "Искатель" вещал исключительно в Интернете на сайте **http://www.radioiskatel.ru/**, а в УКВ-диапазоне канал заявил о себе 16 июня. Новый вещатель позиционируется как станция для искателей по жизни, людей, любящих Россию, открывателей и путешественников.

По данным Роскомнадзора по Алтайскому краю и Республике Алтай, станция имеет передатчик мощностью 1 кВт, расположенный на горе Тугая в г. Горно-Алтайске (источник — URL: **http://altai-info.com/novosti/443-radio-dlya-muzhchin-nachalo-veschanie-na-altae.html** (24.06.15)).

БРЯНСК. "Радио 7 на семи холмах" вскоре зазвучит в г. Брянске на частоте 91,1 МГц. Это радиостанция для современных горожан с разнообразными музыкальными предпочтениями. В её эфире — мелодичная и лёгкая для восприятия современная популярная музыка для взрослых. Станция является лидером в премиальном сегменте. На сегодняшний день "Радио 7 на семи холмах" имеет 66 пунктов установки передатчиков в городах России и странах СНГ (источник — URL: **http://emg.fm/news/74** (24.06.15)).

КАЗАНЬ. В столице Татарстана возобновило свою работу "Дорожное радио", оно заняло частоту 88,9 МГц, на которой ранее транслировала классическую музыку федеральная радиостанция ВГТРК "Орфей". Последняя прекратила свою работу 31 мая (источник — URL: **http://e-kazan.ru/news/show/17495.htm** (24.06.15)).

КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИЯ. 25 мая филиал РТРС "РТПЦ Карачаево-Черкесской Республики" запустил в эксплуатацию передатчик радиостанции "Вера, надежда, любовь" в г. Карачаевске на частоте 102,3 МГц, мощность передатчика — 500 Вт (источник — URL: **http://cherkessk.rtrs.ru/news/read/123/** (24.06.15)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. С 1 июня в станице Каневской на частоте 96,3 МГц появилась радиостанция "Love Radio". Потенциальная аудитория — 57,5 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2506.htm** (24.06.15)).

ЛИПЕЦК. "Радио для друзей" получило право на вещание в г. Липецке на частоте 107,2 МГц. Этот город станет шестым по счёту городом в сети "Радио для друзей". Станция уже работает в городах Белгороде, Мурманске, Рязани, Ставрополе и Тольятти.

"Радио для друзей" — радиостанция только с отечественной музыкой, которая рассчитана на взрослых думающих слушателей старше 25 лет, мужчин и женщин, осознающих свою принадлежность к российской песенной и поэтической культуре (источник — URL: **http://emg.fm/news/74** (24.06.15)).

МАРИЙ ЭЛ. 1 июня филиал РТРС "РТПЦ Республики Марий Эл" начал трансляцию программ радиостанции "Маяк" в г. Йошкар-Оле на частоте 102,7 МГц. Используется передатчик мощностью 1 кВт (источник — URL: **http://mari-el.rtrs.ru/news/read/113/** (24.06.15)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 июня в г. Сарове в тестовом режиме началась эксплуатация передатчика, транслирующего программы радиостанции "Образ" на частоте 92,2 МГц (источник — URL: **http://newsroom24.ru/news/zhizn/112302/** (24.06.15)).

Филиал РТРС Нижегородский ОРТПЦ начал трансляцию программ "Авторадио" в г. Сергаче на частоте 101,6 МГц. Вещание ведётся в круглосуточном режиме, в эфирной сетке предусмотрены и региональные врезки (источник — URL: **http://nnovgorod.rtrs.ru/news/read/345/** (24.06.15)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 2 июня филиал РТРС "Пермский КРТПЦ" прекратил работу передатчика радиостанции "Радио России" в УКВ-диапазоне на частоте 66,02 МГц в г. Перми. Станция теперь останется только на частоте 90,2 МГц (источник — URL: **http://perm.rtrs.ru/news/read/498/** (24.06.15)).

В Бардымском районе состоялся торжественный запуск ретранслятора башкирского радио "Юлдаш". Жители района будут слушать любимые передачи на родном языке и наслаждаться башкирской музыкой. Трансляция программы осуществляется на частоте 105,4 МГц, мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: **http://www.bashinform.ru/news/741430-v-permskom-krae-zagovorilo-bashkirskoe-radio/?yn** (24.06.15)).

РЯЗАНСКАЯ ОБЛ. 1 июня филиал РТРС "Рязанский ОРТПЦ" увеличил зону охвата территории для радиостанции "Вера" в центральной части Рязанской области. Теперь станция доступна жителям Шиловского, Спасского, Старожиловского, Пронского, Кораблинского, Ухоловского и Сапожковского районов на частоте 101 МГц. Трансляция радиопрограммы ведётся передатчиком мощностью 5 кВт (источник — URL: **http://ryazan.rtrs.ru/news/read/141/** (24.06.15)).

С 1 июня после полугодового перерыва в г. Рязани возобновила работу радиостанция "Радонеж". Перерыв произошёл по причине переоформления лицензии. Эфир станции — ежедневно с 04.00 до 19.00 на частоте 73,13 МГц в рамках радиоканала "Рязань" (источник — URL: **http://www.rzn.info/news/2015/6/2/radio-radonezh-vozobnovilo-veschanie-v-ryazani.html** (24.06.15)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Love Radio" присоединился г. Серов, частота вещания — 103,7 МГц. Потенциальная аудитория — 98,7 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2488.htm** (24.06.15)).

ТЫВА. 1 июня филиал РТРС "РТПЦ Республики Тыва" начал трансляцию программ "Радио России" в столице республики г. Кызыле в УКВ-диапазоне на частоте 105,5 МГц. Одновременно прекращена работа на частоте 67,1 МГц (источник — URL: **http://tyva.rtrs.ru/news/read/106/** (24.06.15)).

ХАКАСИЯ. На карте городов вещания радиостанции "Такси FM" появился новый пункт — г. Саяногорск Республики Хакасия, частота — 107,7 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2492.htm** (24.06.15)).

ЧЕЛЯБИНСК. С 1 июня на частоте 106,3 МГц, ранее принадлежавшей радиостанции "Серебряный дождь", появилось "Дорожное радио". Такое решение объясняется кризисом отрасли и спадом рекламного рынка (источник — URL: **http://chelyabinsk.ru/text/newsline/40515957673984.html** (24.06.15)).

ЮЖНО-САХАЛИНСК. 25 мая филиал РТРС "Сахалинский ОРТПЦ" запустил в эксплуатацию радиостанцию "Вести FM" в г. Южно-Сахалинске. Режим вещания — круглосуточно на частоте 107,2 МГц (источник — URL: **http://sakhalin.rtrs.ru/news/read/94/** (24.06.15)).

НОВОСТИ СЕТЕВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Одна из наиболее динамично развивающихся радиостанций холдинга "Krutoy Media" — "Радио Дача", начала свою работу в следующих населённых пунктах:

— г. Благовещенск Амурской обл., частота вещания — 89,1 МГц;

— пос. Пено Тверской обл., частота вещания — 103,5 МГц;

— станица Каневская Краснодарского края, частота вещания — 106,3 МГц;

— г. Волжск, Республика Марий Эл, частота вещания — 94,7 МГц;

— г. Оренбург, частота вещания — 105,3 МГц;

— станица Тацинская Ростовской области, частота вещания — 103 МГц;

— г. Рязань, частота вещания — 96,5 МГц.

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОСТАНЦИИ

Государственная вещательная телерадиокомпания "Греческое радио и телевидение" (ERT) ровно через два года после закрытия возобновила выход в эфир. Напомним, власти Греции прекратили работу ERT, в которую входили три телеканала, несколько радиостанций и интернет-сервис, в ночь с 11-го на 12 июня 2013 г. без какого-либо предварительного оповещения. Позднее выяснилось, что закрыть ERT было решено для реструктуризации компании. Работы лишились почти 2,6 тысячи человек.

11 июня с. г. логотипы ERT появились на каналах общественного телевидения NERIT, созданного после прекращения вещания госканала. На Дворец Радио, откуда вело трансляции гостелевидение и радио, логотип вернули несколько дней назад. В эфир вернулись также телеканалы ERT-2 и ERT-3 и радиовещательные каналы — три программы ERA, спортивная радиостанция ERA Sport, радиостанция Kosmos, 19 региональных станций (источник — URL: **http://cableman.ru/content/grecheskaya-gosteleradio-kompaniya-ert-vozobnovila-veshchanie** (24.06.15)).

Хорошего приёма и 73!

Доработка радиоприёмника TECSUN S-2000. *Часть 12*

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Входной тракт. Общие сведения

Ещё до начала каких-либо доработок я проводил измерение АЧХ приёмника от антенных входов "50 Ом" и "500 Ом" до смесителя и разочаровался. Неравномерность АЧХ превышает 12 дБ, старые фото найдите в архиве этого номера журнала. До сих пор ваш приёмник работает с такой АЧХ несмотря на большой объём работ в предыдущих разделах!

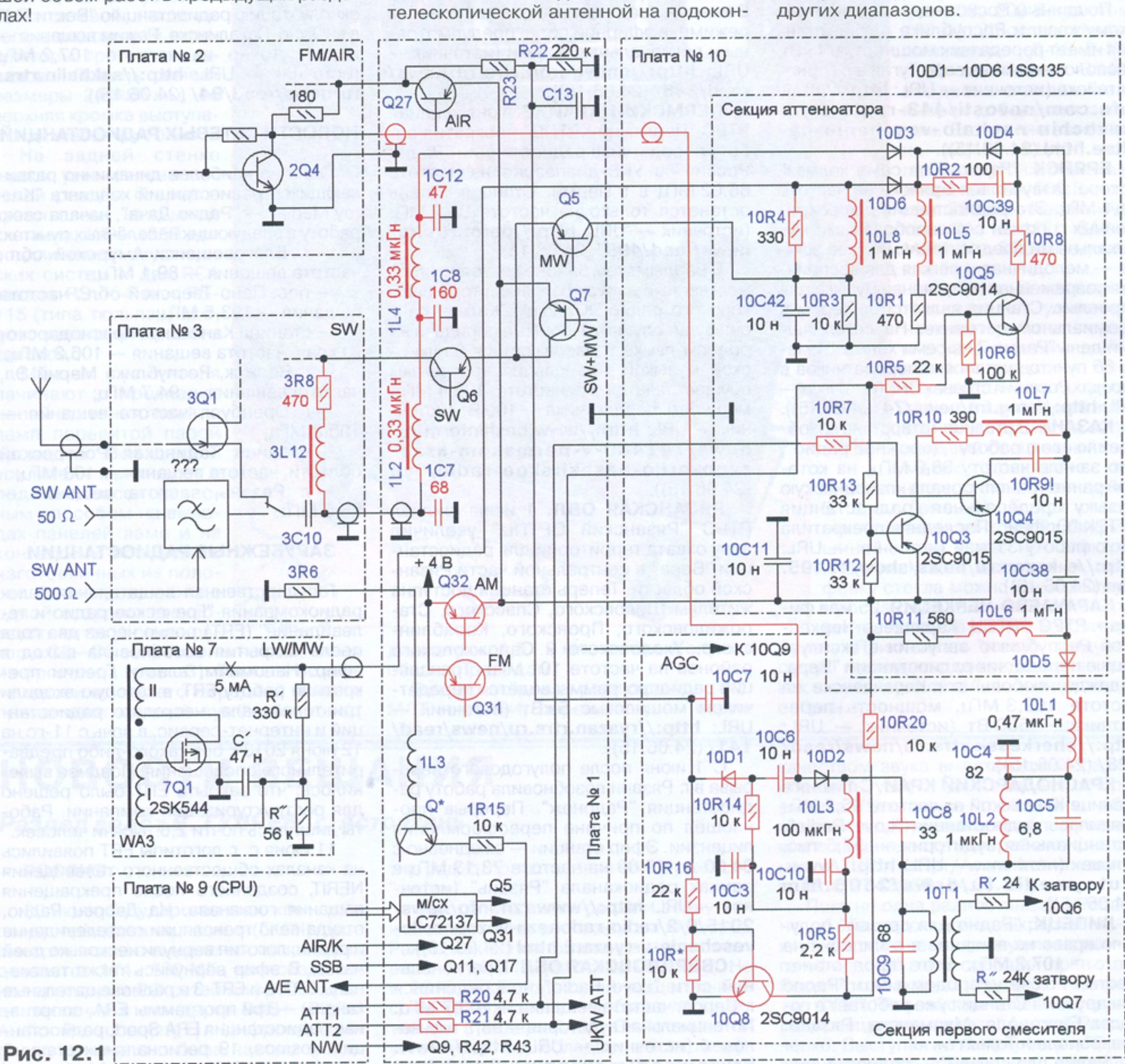


Рис. 12.1

В приёмнике S-2000 изготовитель предлагает для бытового приёмника достаточно много вариантов для решения "антенного вопроса", не все профессиональные приёмники могут похвастаться этим. Но хорошее внешнее "начало" не нашло достойного продолжения внутри приёмника. Это как раз и есть тема предлагаемого раздела.

Подавляющее большинство владельцев приёмника S-2000 не имеют полноразмерных антенн (L ≥ λ/4) на достаточной высоте над землёй. Работа с телескопической антенной на подоконнике — это стандартный вариант, и с радостью уже воспринимается возможность с балкона или веранды скинуть 5...10 м провода на дерево, хотя бы временно, по выходным.

С другой стороны, ограниченный динамический диапазон всех приёмников семейства даже не позволяет прямое подключение полноразмерных антенн. С антенной длиной 8 м, поднятой на высоту 10 м над землёй, с полностью доработанным приёмником S-2000 (в том числе с улучшенным кварцевым фильтром в тракте первой ПЧ) вечерний приём на только что "открывающемся" диапазоне 80 м ограничен динамическим диапазоном первого смесителя. В основном мешают комбинационные помехи от сигналов на пока ещё загруженных диапазонах 25 и 19 м, разница между частотами которых составляет как раз 3...4 МГц. Радиоприёмник PL-660 с такой антенной на диапазоне 15 м вечером "гудит" АМ-сигналами из других диапазонов.

Уже десятилетия с успехом решают проблему перегрузки КВ-приёмника установкой переключаемого аттенюатора на входе, так как до сих пор нет технического решения, чтобы "перева-

Окончание. Начало см. в "Радио", 2014, № 9–12; 2015, № 1–7

РАДИО
РАДИОПРИЁМ
тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рить" динамический диапазон сигналов 140 дБ. Полосовые фильтры не могут убрать интермодуляционные искажения от сигналов внутри их полосы пропускания. При введении затухания линейным аттенюатором нелинейные искажения убывают быстрее, чем полезный сигнал, в результате растёт отношение сигнал/помеха. Если устанавливать слишком большое затухание, сигнал "утонет" в шумах самого приёмника, поэтому требуются умение и опыт оператора по выбору оптимального затухания. Наличие у КВ-приёмника переключаемого входного аттенюатора стоит оценить как дополнительный плюс при его покупке. Но повышенное любопытство мы должны проявить, если переключение осуществляется не механическими контактами, а полупроводниковыми приборами, как в S-2000. От аттенюатора требуется высочайшая линейность, примерно на два порядка выше, чем у первого смесителя. В S-2000 аттенюатор в режимах "–10 дБ" и "– 20 дБ" вносит сильные интермодуляционные искажения и становится бесполезным, да и затухание не соответствует заявленному и меняется с частотой.

Чтобы не теряться в мечтах и быстро меняющихся реализуемых и не реализуемых пожеланиях, поставим простые и конкретные задачи для текущей доработки:

— создать на всех входах в рабочем диапазоне ровную АЧХ;

— создать предсказуемый импеданс всех входов;

— обеспечить предсказуемое затухание аттенюатора;

— обеспечить высокую чувствительность в режиме "0 дБ";

— избавить аттенюатор от нелинейных эффектов.

Измерения АЧХ и интермодуляционных искажений в диапазоне до 50 МГц я провёл с помощью осциллографа АКИП 4116/3, генератора АКИП 3409/5 и ВЧ-щупа (до 250 МГц) и с тщательной калибровкой АЧХ щупа для разных значений импеданса источника сигнала. Но схема входного узла не такая уж сложная, поэтому требуемого результата можно достичь и без измерения АЧХ. Кроме измерения токов и напряжений, на диодах проверять больше нечего. При проведении экспериментов самые частые неполадки у меня — загрязнение платы мелкими частицами олова, иногда выпадающими из оловоотсоса. Поиск таких замыканий — это раздражительное занятие, поскольку ошибки возникают в "посторонних" узлах. С помощью спирта и жёсткой кисточки после пайки следует очистить плату и проверить всё с помощью лупы — это сэкономит вам время.

Коммутация сигналов

Сигналы от всех антенных входов коммутируются с помощью элементов, расположенных на платах № 1, 2, 3, 7, 10. На **рис. 12.1** показана схема платы № 10 и схемы других плат в упрощённом виде. Красным выделены элементы, которые на разных этапах работ потребуют замены или удаления. Дополнительная информация по схеме платы № 1 выложена на сайте журнала.

Сигнал диапазона AIR проходит через аттенюатор диапазона УКВ, фильтруется на плате № 2 и через транзистор 2Q4, кабель и диод 10D2 поступает на смеситель (транзисторы 10Q6, 10Q7). Сигналы КВ-диапазона проходят первичную фильтрацию на плате № 3 и на плате № 1 проходят через двухступенчатый ФНЧ с частотой среза около 35 МГц. На плате № 10 сигналы КВ и ДВ-СВ коммутируются диодами 10D6, 10D3 и проходят через аттенюатор на элементах 10D4, 10Q5, 10Q4, 10D5, 10R2, 10R8. По пути к смесителю сигнал проходит ещё один ФНЧ (10L1, 10L2, 10C4, 10C5). Основной принцип коммутации — это подача напряжения на соответствующие узлы и от них "дежурный" диод получает свой ток коммутации вместе с сигналом. Питание подаётся от транзисторов типа S8550 структуры p-n-p на плате № 1, это удачный выбор, так как они имеют малое напряжение насыщения.

Во всех бытовых приёмниках наших дней с высокой ПЧ не установлены входные полосовые фильтры — это их основной и уже не исправимый недостаток. Применение дросселей с высокой добротностью и несоответствие импедансов отдельных узлов приводят в S-2000 к появлению нежеланных и заметных искажений АЧХ. Импеданс аттенюатора не соответствует импедансу источников сигнала и зависимости от частоты и режима. Чтобы понимать, за что надо взяться, надо разобраться в значениях импеданса "причастных к делу" узлов.

Первый смеситель

Сигнал на этот смеситель поступает через трансформатор 10T1 (обмотки по 10 витков, каждая индуктивностью 1 мГн), что обеспечивает нижнюю частоту диапазона 100 кГц. Паразитная ёмкость трансформатора — 7 пФ. У транзисторов 10Q6, 10Q7 суммарная входная ёмкость — 20 пФ, поэтому общая входная ёмкость смесителя — около 27 пФ. Для получения ровной АЧХ до 30 МГц требуется к такой ёмкости подключить резистор сопротивлением не более 120 Ом! Активная часть входного сопротивления транзисторов смесителя в диапазоне от 100 кГц до 137 МГц меняется от 10 МОм до 0,5 кОм (на частоте 30 МГц — около 10 кОм). Подобные смесители в 70-е годы прошлого века исключительно и с большим успехом применялись с резонансными источниками сигнала, но они плохо вписываются в широкополосные концепции, поскольку при принудительном согласовании будут большие потери. Отсутствие такого согласования в S-2000 (и всех других!) приводит к появлению в ФНЧ на входе смесителя резонанса на частоте 13 МГц и сильному спаду АЧХ в диапазоне AIR (более 12 дБ).

Переключатель AIR/ДВ-СВ-КВ

В диапазонах ДВ-СВ-КВ через диод 10D5 протекает ток 5 мА, и он надёжно коммутирует канал. Чтобы с платы № 2 сигнал и помехи не смогли обойти ФНЧ КВ-диапазона, в режиме ДВ-СВ-КВ ещё "работает" диод 10D1. Он должен замыкать сигнальную линию от платы № 2 (УКВ) на общий провод, но на самом деле ток через этот диод слишком мал для этого, его сопротивление — более 300 Ом, и задуманное подавление не получается. Поэтому никакой пользы от транзистора 10Q8 и диода 10D1 нет. К тому же разработчик "забыл" подать закрывающее напряжение на диод 10D5 в выключенном состоянии.

При приёме в диапазоне AIR сигнал коммутирует диод 10D2. Но за счёт конденсаторов 10C8 и 10C9 и входной ёмкости смесителя (27 пФ) образуется делитель напряжения (–12 дБ). К этому добавляется ёмкость кабеля 22 пФ, и с учётом резистора в цепи коллектора транзистора 2Q4 (180 Ом) получается RC-фильтр НЧ с частотой среза 20 МГц (по уровню –3 дБ), а это даёт затухание 16 дБ на частоте 120 МГц, ведь кабель не работает в режиме согласования! Только за счёт чудо-усилителя на трёх(!) транзисторах в блоке № 2 кое-как принимаются сигналы диапазона AIR, и то с не очень хорошим качеством.

Но к этому добавляется, хуже уже некуда, неудачная топология аттенюатора. Дело в том, что на плате № 10 входные линии AIR и КВ-диапазонов с двух сторон платы идут параллельно на протяжении 2 см. Поэтому сигналы зеркального канала из КВ-диапазона от проволочной антенны напрямую в обход УКВ-фильтра проходят до смесителя. Кроме того, через эту топологию помехи от местных ТВ-станций обходят фильтры.

ФНЧ на плате № 10

Схему ФНЧ (10C4, 10C5, 10L1, 10L2) на входе первого смесителя изготовители бытовых приёмников срисовывают друг у друга годами, и никто её давно не проверял. Было время, когда многие государства ограничивали верхнюю частоту бытовых радиоприёмников 24...26 МГц, и в 90-е годы прошлого века они часто так и выпускались. Но до сих пор фильтр и остался таким, его АЧХ показана на **рис. 12.2** — зелёная и красная кривые.

Этот ФНЧ поставлен как "последняя крепость", его задача состоит в первую очередь в подавлении шума и сигналов

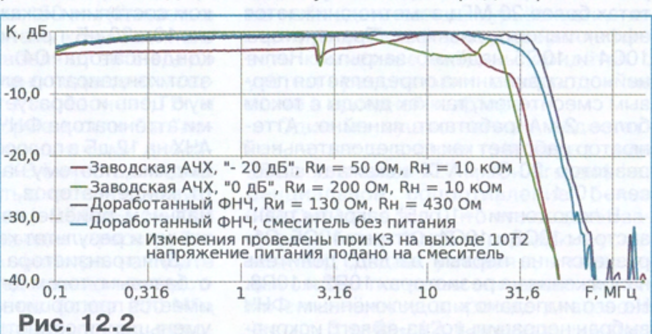


Рис. 12.2

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

зеркального канала. Заграждения на этих частотах достаточно (до 40 дБ). Контур на элементах 10L2 и 10C5 настроен на частоту 56 МГц (с учётом паразитной ёмкости дросселя 10L2 около 2 пФ) и правильно размещён на входе первого смесителя для улучшения подавления прямого прохождения сигналов на первой ПЧ. Попутно хорошо подавлены сигналы в радиовещательном УКВ-диапазоне. Резонанс на частоте 2,7 МГц обусловлен паразитным контуром из элементов 10C8 и 10L3.

Разница между двумя АЧХ вызвана изменяющимся импедансом аттенюатора при его переключении. При измерении АЧХ ФНЧ (с выходом на 10T1) надо замыкать выход трансформатора 10T2 на общий провод, так как он сильно влияет на смеситель и получается ложное подавление на 20 дБ на частоте 55 МГц. Транзисторы 10Q6 и 10Q7 должны работать с питанием, иначе их входная ёмкость резко увеличится и внесёт погрешности до 3 дБ на частоте 30 МГц (сравните голубую и фиолетовую кривые).

Переключаемый аттенюатор

В аттенюаторе разработчикам пришлось "склеить" чудесным образом все недочёты — задача без применения трансформаторов или резистивных узлов с большим затуханием не решаема. Аттенюатор при переключении затухания не должен менять свой импеданс на входе и выходе. В S-2000 это обеспечить нельзя, так как его структура Г-образная с тремя состояниями и только двумя ключами. В заводском варианте задача усложняется тем, что все узлы старались сделать с сопротивлением Z = 50 Ом, и это при том, что диоды и транзисторы сами уже имеют сопротивление 20...50 Ом, ещё при заметной нелинейности их параметров.

В положении "0 дБ" диод 10D4 получает ток через транзистор 10Q3, все дроссели по 1 мГн служат для развязки по ВЧ. У этих дросселей есть собственный резонанс на частоте 2,2 МГц и паразитная ёмкость 5 пФ, поэтому на частотах более 20 МГц заметно снижается эффективность развязки. Транзисторы 10Q4 и 10Q5 надёжно закрыты. Нелинейность приёмника определяется первым смесителем, так как диоды с током более 2 мА работают линейно. Аттенюатор работает как последовательный резистор 20 Ом, АЧХ искажает дроссель 10L1.

В положении "–10 дБ" закрыты транзисторы 10Q3 и 10Q4 и открыт 10Q5. Образуется, на первый взгляд, делитель напряжения на резисторах 10R2 и 10R8. Но его импеданс к подключённым ФНЧ выбран неправильно, из-за чего искривляются АЧХ фильтров. В результате получается, что на некоторых частотах затухание не уменьшается на заявленное значение. В среднем оно только –6 дБ по причине несоответствия сопротивлений 10R2 и 10R8 по отношению к неудачно заложенному Z = 50 Ом. Транзистор 10Q5 участвует в этом делителе и вносит свои искажения.

В положении "–20 дБ" дополнительно открывается транзистор 10Q4, который внесёт свои искажения. Его сопротивление в открытом состоянии зависит от экземпляра и тока базы, наверное, разработчик надеялся получить 15 Ом. В результате получается делитель 10:1 с низким импедансом на выходе. Это превращает ФНЧ на входе смесителя в трансформирующий, и на частоте 13 МГц получается широкий резонанс. Наблюдается разное затухание (от –30 до –15 дБ) в зависимости от частоты. Нагрузка ФНЧ на плате № 1 — 120 Ом (вместо 50...75 Ом), что вызывает неравномерность АЧХ до 3 дБ. Из этого следует, что одним "ударом кувалды" изгиб в АЧХ можно выпрямить, но он появится на другой частоте. Так можно продолжать "бить" без конца по всем элементам. Требуется полный пересмотр схемы!

Если с неравномерностью АЧХ в аттенюаторе можно свыкнуться, то с самым большим его недостатком — нелинейностью, нет. Для выяснения причин искажений и поиска путей их устранения проводились замеры транзисторов 2SC9014 и 2SC9015 (TO-92) в разных режимах (**рис. 12.3**). Использовались два сигнала с частотами 3 и 3,2 МГц, каждый размахом 100 мВ (на резисторе R3). В выключенном состоянии транзистора суммарный размах сигнального напряжения допустимо повысить до 1 В без заметных последствий. Это соответствует в S-2000 режиму "0 дБ", и аттенюатор искажений не вносит. Максимум интермодуляционных искажений наблюдался при токе базы 0,1 (0,3) мА для транзистора 2SC9014 (2SC9015). В таком состоянии искажения уменьшились на 10...20 дБ при подключении к базе конденсатора C4. Но одновременно этот конденсатор влияет на коллекторную цепь и образует с сопротивлениями аттенюатора ФНЧ с плавным спадом АЧХ на 12 дБ в полосе частот 2....40 МГц. Видимо, поэтому на заводе отказались от конденсаторов, ведь при односигнальном приёме не замечаются искажения и результат кажется хорошим.

Рис. 12.3

Для транзистора 2SC9014(2SC9015) с базовым током вплоть до 0,3 (1) мА имеется пропорциональная зависимость уменьшения сопротивления, и отношение интермодуляционных искажений к основным сигналам не меняется. В основном образуются чётные гармоники: вторая (относительный уровень –12 дБ) и четвёртая (–18 дБ). При двух сигналах размахом по 300 мВ (установлены при закрытом транзисторе) интермодуляционные искажения исчезли с экрана анализатора при базовом токе 2 мА. Поэтому можно рекомендовать увеличить базовый ток до 0,5...1 мА, при котором сопротивление коллектор—эмиттер равно 6...9 Ом и уже мало меняется от тока, и это значение намного меньше сопротивления тракта. Эти результаты подтверждают простой и давно известный факт, что в резистивном режиме биполярные транзисторы ведут себя линейно при сигналах размахом не более 50 мВ. В случае их применения в широкополосном аттенюаторе КВ-приёмника не следует подавать на них сигналы размахом более 10 мВ, даже при большом токе базы.

Проанализируем заводскую схему S-2000. Сигналы ATT1 и ATT2 вырабатывает контроллер, нагрузочная способность его выходов явно превышает 2 мА, поэтому резерв для доработки есть. Резисторы R20 и R21 служат якобы для фильтрации помех от контроллера, но за ними отсутствуют блокировочные конденсаторы, и помехи от контроллера оказываются в аттенюаторе. Базовый ток транзистора 10Q5 установили 0,1 мА, как будто это сделано специально. Немного выручит резистор 10R8, но всё равно не спасает от искажений. В результате образуется интермодуляционный шумовой фон на уровне –46 дБ относительно мощных сигналов на входе приёмника. На радиовещательных диапазонах этот завышенный шум заметен, а в диапазоне 40 м реально мешает приёму SSB-сигналов. Сопротивление резистора 10R8 при сопротивлении тракта 50 Ом — слишком большое для шага переключения –10 дБ, его надо было уменьшить в 3...5 раз, но тогда ещё сильнее проявились бы искажения. Ток базы транзистора 10Q4 0,25 мА, и аттенюатор в положении "–20 дБ" успешно подавит полезный сигнал на 20 дБ и ещё на столько же добавит свои интермодуляционные искажения.

Переключатель диапазонов ДВ-СВ-КВ

Диоды 10D3 и 10D6 нагружены первичной цепью 10R1, 10L5. При приёме на КВ ток через диод 10D3 задают резисторы 3R8 и 10R1, кроме того, на него влияет встречный ток, протекающий через 10D4 (задаётся резисторами 10R11 и 10R1). Так как сопротивления этих резисторов почти равны, через открытые диоды протекает одинаковый ток (2,2 мА). В диапазонах ДВ и СВ включается диод 10D6, и за счёт сопротивления дросселя (24 Ом) и резистора 10R1 образуется напряжение более 3 В. Поэтому через 10D4 протекает ток не более 200 мкА, и его дифференциальное сопротивление высокое, около 150 Ом. В результате этот диод вызывает при ночном приёме на ДВ-СВ заметные искажения (обстановка в г. Москве зимой 2014/2015 гг.).

Усилитель магнитной антенны

Напряжение сигнала от магнитной антенны (WA3) транзистор 7Q1 преобразует в ток, который на резисторе 10R4 (330 Ом) приводит к появлению сигнального напряжения. Ровной АЧХ в

Приём статей: mail@radio.ru тел. 607-88-18
Вопросы: consult@radio.ru

диапазонах ДВ и СВ мешают дроссели 10L5, 10L8 (по 1 мГн) и разделительные конденсаторы ёмкостью по 10 нФ. Номиналы этих элементов ошибочно выбраны на порядок меньше требуемых.

ФНЧ на плате № 1

На этой плате размещён двухсекционный ФНЧ (1L2, 1L4, 1C7, 1C8, 1C12). Он частично экранирован и обеспечивает основную селекцию по зеркальному каналу в КВ-диапазоне. До частоты 40 МГц его АЧХ практически ровная. Хорошим намерением разработчиков было применить трансформирующий ФНЧ (нарастающее волновое сопротивление от входа к выходу за счёт уменьшения ёмкости конденсаторов). Этим, видимо, хотели увеличить импеданс тракта до аттенюатора. Но такой ФНЧ трансформирует импеданс не во всей полосе пропускания, а только в её высокочастотной части. В результате получается подъём АЧХ на 3...6 дБ на частотах более 24 МГц, и то не во всех режимах аттенюатора, а ФНЧ на входе первого смесителя (на плате № 10) и этот скромный выигрыш "убирает". На стыке этих ФНЧ не "хватает" катушки индуктивности 0,5 мкГн и необходима коррекция ёмкости конденсатора 1C12.

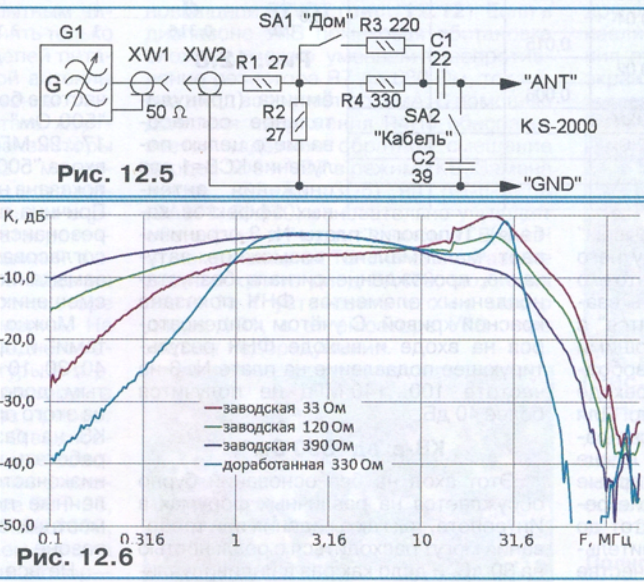


Рис. 12.5

Рис. 12.6

Схема антенного узла (плата № 3)

Схема антенного узла показана на **рис. 12.4** на ***3-й с. обложки***. Антенные разъёмы диапазонов КВ, УКВ и AIR размещены на правой боковой стенке корпуса приёмника и напрямую соединены с платой № 3.

Приём с телескопической антенной

Для приёма в КВ-диапазоне подача напряжения питания (на контакт SWVCC разъёма 3J1) переводит транзистор 3Q1 в усилительный режим. Через резистор 3R4 это напряжение поступает на диод 3D5 и закрывает его — тракт УКВ надёжно отключён (на контакте F/IVCC разъёма 3J1 присутствует напряжение +0,6 В).

Телескопическая антенна длиной 1,2 м на КВ оказывается значительно меньше λ/4 и обладает ёмкостной составляющей около 20 пФ. Она действует в пространстве, которое имеет своё электромагнитное волновое сопротивление. Это сопротивление составляет 120·π Ом в космосе, около 220 Ом на высоте 1...2 м над землёй в открытой местности и 150 Ом в здании у окна. Антенной и пространством создаётся комплексный импеданс источника сигнала для транзистора 3Q1, и он равен около 400 Ом на частоте 30 МГц и 6 кОм — на 2 МГц. С таким источником сигнала транзистор 3Q1 добавляет мало своего шума и обеспечивает уникальную чувствительность. Это также означает, что не надо в цепь затвора устанавливать резистор сопротивлением более 0,1 МОм.

В течение многих лет я видел разные методы измерения АЧХ активных антенн, но редко схемы измерения отражают реальные параметры антенны, поэтому часто делаются неверные выводы, а результаты не соответствуют ожиданиям. Для измерения АЧХ входной цепи взамен телескопической антенны предлагается её эквивалент (**рис. 12.5**). Резисторы R1 и R2 обеспечивают согласование с генератором. Резистор R4 имитирует сопротивление свободного пространства, а R3 — влияние комнатных условий в многоэтажном доме при расположении приёмника на подоконнике с окном из обычного стекла. Конденсатор C1 — это ёмкость телескопической антенны длиной 1,2 м, подключение конденсатора C2 имитирует влияние экранированного кабеля от антенны к плате № 3. Размах сигнала на входе платы № 3 устанавливают не более 100 мВ — это предел по линейности для входного транзистора 3Q1. На практике сигнал от телескопической антенны редко бывает более 10 мВ, если, конечно, вблизи нет передатчика или источника промышленных помех.

Короткий отрезок 150 мм (ёмкостью около 40 пФ) не очень качественного экранированного кабеля от антенны до платы № 3 эффективно подавляет мощные сигналы из диапазонов ТВ и GSM900/1800, которые могли бы "поиграть" с входными защитными диодами. Но в диапазоне КВ ёмкость антенны совместно с ёмкостью кабеля образует делитель напряжения (-6...8 дБ). На УКВ ёмкость кабеля приводит к расстройке перестраиваемого фильтра на плате № 2. Если в непосредственном соседстве с вами на частотах более 200 МГц нет источников мощных помех, рекомендую по ходу доработки кабель заменить отрезком провода.

Перед транзистором 3Q1 установлен фильтр, который выполняет несколько функций. На **рис. 12.6** показаны его АЧХ в разных условиях приёма. Первым делом это просто ФНЧ на трёх катушках индуктивности и монтажных и входной ёмкостях транзистора 3Q1, за счёт которых формируется спад в АЧХ выше частоты 30 МГц. Заграждающий фильтр на элементах 3L1, 3L2, 3C2 и 3C3 хорошо подавляет сигналы зеркального канала с частотой более 110 МГц. Это верное решение в компактных приёмниках, но в S-2000 сигналы из зеркального диапазона (AIR) могут легко проникнуть в не экранированные конструкции последующих узлов тракта. В S-2000 стоило бы позаботиться о подавлении мощных сигналов УКВ-радио и настроить контуры в диапазоне 85...110 МГц, чтобы облегчить работу транзистора 3Q1 (голубая кривая — АЧХ после доработки).

Относительно слабо подавлены сигналы с частотой менее 1,5 МГц, а как раз там находится спектр помех от бытовой и промышленной аппаратуры и импульсных преобразователей (энергосберегающие лампы и т. п.). На входе приёмника отсутствует резистор для стекания электростатических зарядов, что в сухую погоду может привести к появлению напряжения, которое приоткроет защитные диоды 3D1—3D4, и они могут легче модулировать полезные сигналы от действия помех.

Транзистор 3Q1 в рабочей точке имеет крутизну S ≥ 30 мА/В, что создаёт на истоке низкий импеданс (не более 1/S = 33 Ом), что плохо отражается на АЧХ ФНЧ, расположенного на плате № 1, — крутизна 17...20 мА/В была бы более подходящей.

Диапазоны УКВ и AIR

На этих диапазонах (76...137 МГц) штыревая антенна имеет относительную длину 0,32...0,56λ, и её импеданс может меняться в очень широких пределах. Блок УКВ (плата № 2) имеет входной импеданс около 75 Ом, поэтому идеально установить длину антенны 750 (600) мм — λ/4 в середине диапазона УКВ(AIR). Полная длина антенны выгодна только на КВ. В комнатных условиях в железобетонных зданиях можно наблюдать всякие курьёзности, поэтому разрабатывать и усовершенствовать комнатные антенны придётся с учётом расстановки сковородок на плите в соседней квартире.

Один из существенных недостатков — это значение тока через диод 3D5 всего лишь 120 мкА и его дифференциальное сопротивление более 300 Ом! Мало того, что это создаёт затухание более 10 дБ, в городских условиях это создаёт условия для модуляции слабых полезных сигналов мощными сигналами из широкого диапазона частот. В **табл. 12.1** приведены измеренные мною дифференциальные сопротивления (на частоте на 1 МГц) некоторых диодов при разных токах. В коммутаторах с волновым сопротивлением 50...75 Ом ток через диоды должен быть не менее 2 мА, об этом, кстати, свидетельствует документация на коммутаторные диоды. Их рекламно-паспортные параметры достигаются

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Диод	КД409		1SS135		BA277	1N4148	
I, мкА	U, мВ	Rд, кОм	U, мВ	Rд, кОм	Rд, кОм	U, мВ	Rд, кОм
2	420	37	539	19		306	35
4	449	11	559	7		341	15
10	485	4	590	3		387	5
20	513	2,8	612	2,2		421,5	3,45
50	551	0,9	644	0,8		468	1,1
100	581	0,4	668	0,4		502	0,5
120					0,15		
500	655	0,10	725	0,08	0,05		
1000	686	0,05	749	0,04			
1200					0,015		
2000	717	0,025	772	0,02			
2400					0,006		
5000	754	0,009	803	0,007			
10000	781	5,4 Ом	824	4,2 Ом			
20000	803	2,2 Ом					
48000	833	0,6 Ом					

K, дБ
-10,0
-20,0
-30,0
-40,0
0,1 0,316 1 3,16 10 31,6 F, МГц
АЧХ входа 500 Ом, если вход 50 Ом открыт
АЧХ входа 500 Ом, если вход 50 Ом замкнут
АЧХ входа 500 Ом, если вход 50 Ом согласован

Рис. 12.8

только при больших токах. "Прорывом" можно считать диод BA277, но у него корпус настолько миниатюрный, что его часто затруднительно установить взамен других. P-i-n диоды "справятся" с сигнальными токами, превышающими ток коммутации, так как у них свободные носители заряда в p-n переходе "живут" несколько микросекунд. Для частот более 50 МГц это прекрасно работает без искажений, но на КВ лучше применять обычные коммутаторные диоды и не жалеть тока. Неплохие результаты в АРУ в диапазоне частот до 1 МГц можно получить с выпрямительными диодами серии 1N400x в качестве управляемого сопротивления.

КВ-вход "50 Ом"

И на этом входе отсутствует отвод электростатики и разрядник не защищает элементы ФНЧ (3C6, 3C7, 3C9, 3L6, 3L7), которые обычно выдерживают напряжение до 25...50 В и напрямую подвергаются "суровым" помехам. Защитные диоды 3D6—3D9 удачно уста-

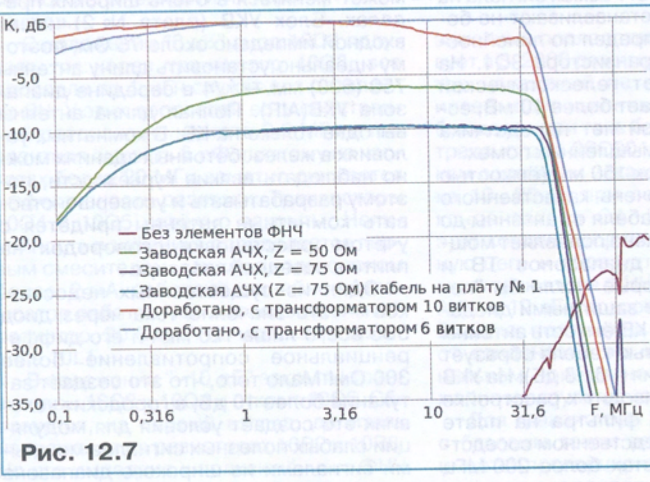


Рис. 12.7

новлены после ФНЧ. При более подробном замере оказалось, что ФНЧ имеет "правильную" АЧХ при сопротивлении источника и нагрузки 75 Ом (**рис. 12.7**). Поэтому удалённую активную антенну лучше подключить через телевизионный коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом и широкополосным согласованием через аттенюатор малого затухания 3...6 дБ на входе приёмника (принудительное согласование с целью получения КСВ=1 для снижения антенных эффектов кабеля). Топология платы № 3 ограничивает максимально возможное затухание, прохождение сигнала без установленных элементов ФНЧ показана красной кривой. С учётом конденсаторов на входе и выходе ФНЧ результирующее подавление на плате № 3 на частоте 100...140 МГц не получится более 40 дБ.

КВ-вход "500 Ом"

Этот вход не без оснований бурно обсуждается на различных форумах в Интернете, так как ожидания или требования могут расходиться с реальностью на 30 дБ, и дело как раз в индивидуальности наших антенн. Если брать огромное количество разных проволочных длинных антенн, то по статистике их "средний" импеданс равен 500 Ом, хотя при случайном совпадении длины провода с λ/2 импеданс измеряется в кОм, а для длины Nλ/4 (где N — нечётные целые числа) импеданс будет менее 100 Ом. Так как приёмник не в состоянии "переварить" мощные сигналы (до 100 мВ) от полноразмерной антенны, разработчики сделали вход "500 Ом" помощью последовательного резистора 3R7 (560 Ом), что приведёт к затуханию около 20 дБ. Катушка индуктивности 3L11 дополнительно подавляет сигналы с частотами более 100 МГц. Решение вроде бы правильное, но не учитывает "антенные возможности" большинства потенциальных покупателей такого приёмника. В итоге подключать провод 5...10 м длиной некуда — затухание 20 дБ совсем ни к чему. Если подключить такую антенну ко входу "50 Ом", сигнал принимается чуть громче, но всё равно теряются 10...16 дБ.

Счастливые владельцы полноразмерной антенны (а затухание 20 дБ в S-2000 — не лишнее) заметили, что на частоте более 14 МГц приём через вход "500 Ом" ослаблен, а на частотах 17...22 МГц никак не наладится. АЧХ от входа "500 Ом" до выхода на плате № 3 показана на **рис. 12.8** (красная кривая). Причина провала на частоте 20 МГц — резонансные явления в ФНЧ, если он не согласован на входе "50 Ом". Короткое замыкание на входе "50 Ом" приводит к смещению провала на частоту 30 МГц.

Можно пользоваться этими "просчётами" и при работе на диапазонах 80, 40, 30, 10 м, оставив вход 50 Ом открытым, дополнительно подавить сигналы из этого провала. А если создать режим КЗ на разъёме 50 Ом, то, наоборот, работать на 30/20/17/15 м и подавить низкочастотные диапазоны (и промышленные помехи!) и мощные сигналы местных станций такси на Си-Би-диапазоне.

Не все владельцы захотят так пользоваться приёмником, поэтому им рекомендуется установить на вход "50 Ом" BNC-резистор (так называемую согласованную нагрузку или терминатор) сопротивлением 50 или 75 Ом (**рис. 12.9**), что обеспечит ровную АЧХ. Дополнительное затухание 6 дБ при большой антенне совершенно не играет роли для S-2000, может быть, даже выручает.



Рис. 12.9

Если предположить, что это было намерение разработчика, тогда об этом стоило писать в инструкции и приложить в комплект такую нагрузку.

УКВ-вход "50 Ом"

Этот вход служит для подключения удалённых антенн через кабель и работает от источника 50 Ом лучше, чем от 75 Ом. Разрядник неправильно установлен за фильтром и нет резистора на входе, что может привести к разрушению конденсатора 3C16. С помощью резистора 3R6 контроллер на плате № 9 "увидит" состояние антенного переключателя, на ВЧ-сигнал он практически не влияет.

Полосовой фильтр (87...140 МГц), состоящий из ФВЧ (3С16!, 3С16!, 3С14, 3L8, 3L9) и ФНЧ (3С13, 3С12, 3С11, 3L10, 3L11), к сожалению, только на 20 дБ подавляет сигналы выше полосы пропускания по причине неудачной топологии. Сигналы с частотой 76 МГц подавлены уже на 12 дБ.

Простая доработка

Всю доработку можно условно разделить на две части. Менее опытным читателям предлагается выполнить только первую часть — доработку цепей питания, цепей у телескопической антенны и коммутатора магнитной антенны.

Фирма TECSUN могла стать жертвой китайских подделок. Транзисторы Q31 и Q32 в корпусе SOT-23 с маркировкой 1H, согласно многим источникам, должны бы быть полевыми с p-каналом и изолированным затвором — IRLML5203. Это был бы отличный выбор. Подозрительно большое падение напряжения на открытом транзисторе навело мысли о недоразумении. На самом деле они оказались среднего качества транзисторами структуры p-n-p. Замена на подлинные транзисторы, а они доступны в России, дала прирост напряжения питания на 0,1 В. О важности каждого милливольта мы уже говорили ранее. Подойдут и другие аналогичные транзисторы в корпусе SOT-23, например, IRLML6801, IRLML6802, IRLML2244 с сопротивлением канала менее 0,1 Ом при напряжении затвор—исток 4 В.

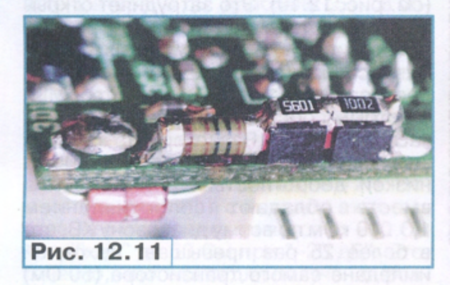


Рис. 12.11

Выходы с открытым стоком в микросхеме LC72137 могут иметь утечку до 5 мкА, поэтому сопротивление резисторов 1R18, 1R26 (по 100 кОм) необходимо уменьшить до 22...47 кОм.

Схема со всеми доработками антенного узла на плате № 3 показана на **рис. 12.10** на ***3-й с. обложки***. К базовой доработке (см. рис. 3.10) здесь предлагается улучшенный вариант ФВЧ для подавления помех из диапазона менее 2 МГц. Этот ФВЧ собран на дросселях L1—L3 и резисторах R1, R4, R5. Вариант установки этих элементов показан на **рис. 12.11**. Важно применять миниатюрные дроссели для поверхностного монтажа с низкой добротностью во избежание возникновения резонансных явлений. Кто планирует работу на диапазоне 160 м с телескопической антенной, должен установить резистор R1 и дроссель L1, что "дотянет" нижний скат АЧХ вниз до 0,8 МГц. Уменьшение сопротивления резистора 3R1 (образует ФВЧ вместе с конденсатором 3С1) до 22 кОм у входа транзистора 3Q1 приведёт к практически полному подавлению промышленных помех в диапазоне частот до 15 кГц, которые могли бы в виде гудящей АМ "садиться" на все сигналы КВ-диапазона.

Для выравнивания АЧХ ФНЧ на плате № 1 повысим выходной импеданс усилителя на транзисторе 3Q1 до 50 Ом установкой резистора R10 = 22 Ом. Побочный эффект — повышается линейность этого усилителя.

В режиме УКВ/AIR увеличим ток диода 3D5 до 1,5 мА с помощью установки цепи R7VD7 (**рис. 12.12**). Если в диапазоне УКВ помеховая обстановка сложная, можно уменьшить сопротивление резистора R7 до 680 Ом, ток через диод возрастёт до 5 мА. С помощью делителя напряжения R4R6 обеспечивается надёжное обратное смещение диодов 3D5 и VD7 в режиме КВ. Замена диода 1SS135 (3D5) на p-i-n-диод (BA379, BA479) основательно улучшает обстановку и "чистит" приём УКВ и AIR от помех мощных ТВ-сигналов. Раз уже решили купить диод BA479, можно на плате № 1 установить его на место диода 1D1, в аттенюаторе УКВ тоже хватает недоразумения.

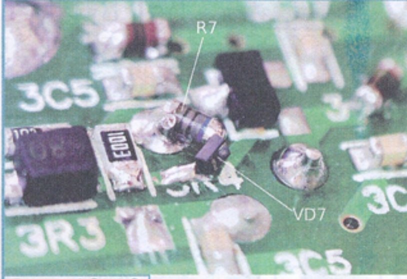


Рис. 12.12

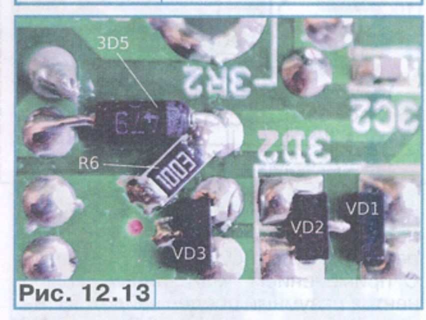


Рис. 12.13

Монтаж диода VD7 требует нестандартного подхода. Подобные конструкции обязательно надо зафиксировать лаком!

Защитные диоды 1N4148 заменяем диодными сборками BAV99, добавив ещё по одной (**рис. 12.13**). Эти диоды более быстродействующие, имеют меньшую ёмкость, выдерживают большие импульсы тока и отлично впишутся в дизайн платы № 3.

После проверки работоспособности приступаем к коррекции высокочастотной части АЧХ. Надо сначала определиться насчёт коаксиального кабеля. Если его планируется убрать, устанавливают дроссели 3L1—3L3 индуктивностью по 2,2(1,2) мкГн, если с кабелем, их индуктивность — 1,8(1) мкГн, что обеспечивает хорошую форму АЧХ до 30(40) МГц (голубая кривая на рис. 12.7). Но вариант на 40 МГц я не рекомендую, так в этом случае плохо подавляется диапазон мощного УКВ-радиовещания.

В рамках простой доработки предлагаю улучшить режим работы диода 10D4. Может быть, вы почувствуете свои способности переходить на сложную часть. Чтобы этот диод на ДВ-СВ-диапазонах работал с нормальным током, надо последовательно с 10D6 поставить цепь C6R4 (типоразмер — не более 0805, лучше 0603). Сначала разрезают печатный проводник (**рис. 12.14**), потом эти элементы спаивают друг с другом "бутербродом", а потом устанавливают над разрезом. Для проведения этой работы надо убрать плоский экран от аттенюатора на плате № 10.

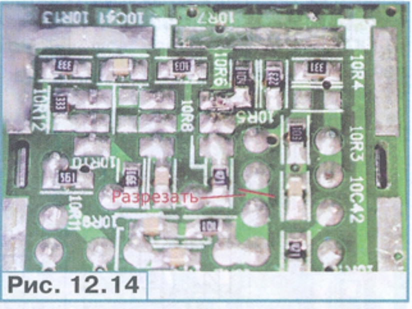


Рис. 12.14

После этих работ с некоторыми владельцами S-2000 мы прощаемся. Спасибо им за компанию и пожелаем хороших DX! А бодрым энтузиастам осталась самая сложная часть доработки S-2000.

Полноценная доработка входного узла

Такая доработка нужна тем, кто хочет работать с внешними антеннами, чтобы использовать динамический диапазон приёмника полностью. Участки платы № 10, которые надо доработать, труднодоступны. Есть вариант удаления платы с последующей установкой на разъём. Подробно об этом можно прочитать в Интернете (GRUNDIG Satellit 750, источник — URL: **http://www.radioplaneta.ru/forum/viewtopic.php?p=1568** (25.06.15)). В будущем это облегчит более серьёзные доработки.

Можно облегчить себе работу тем, что плату № 10 не вынимать, а на плате № 2 частично убрать верхнюю экранировку. Но всё равно потребуется хорошо подобранный инструмент: пинцеты с изгибом, лупа с фокусным расстоянием более 6 см, паяльник для пайки элементов для поверхностного монтажа, хорошее освещение и спокойная терпеливая рука. Тиски для установки основной платы № 1 в удобной позиции будут не лишними. Для упорядочения схемы мы изначально определяем то волновое сопротивление тракта, при котором мы сможем наилучшим образом получить компромисс по согласованию и виду АЧХ и реализовать изначально поставленные задачи.

Полевые транзисторы смесителя работают в схеме с общим истоком, оптимальный импеданс источника сигнала по шуму лежит в интервале от 100 до 1 кОм для частотного диапазона 0,1...140 МГц. С учётом того что на диапазонах ДВ и СВ шум приёмника определяется транзистором в активной магнитной антенне, а в диапазоне AIR работают несколько транзисторов до смесителя, только на КВ надо обеспечить оптимальный

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2015

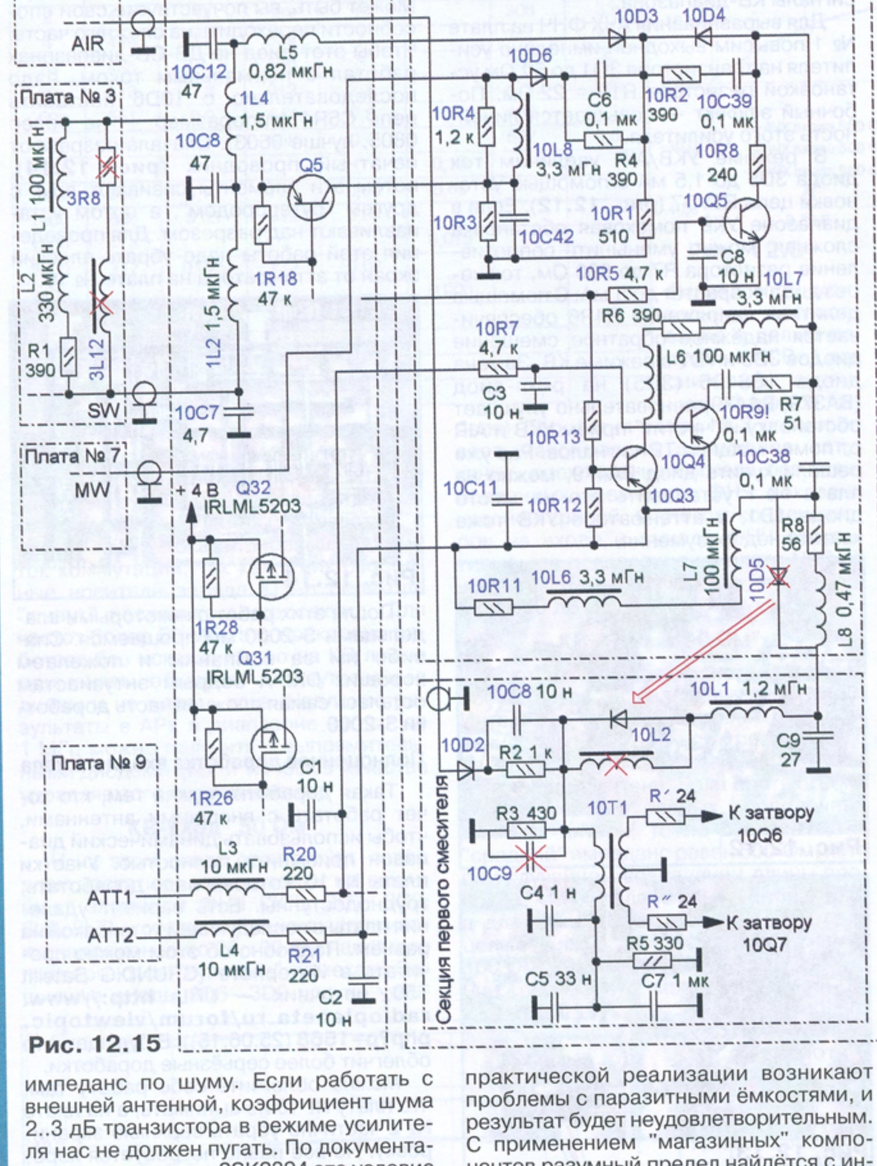


Рис. 12.15

импеданс по шуму. Если работать с внешней антенной, коэффициент шума 2...3 дБ транзистора в режиме усилителя нас не должен пугать. По документации на транзистор 2SK2394 это условие выполняется при импедансе источника более 100 Ом. Главный вывод — для смесителя лучше создать импеданс Z источника ближе к 1 кОм, избегать 50 Ом и получить запас по шуму в случае появления дополнительного затухания за счёт принудительного согласования. Этому немного противоречит влияние входной ёмкости смесителя, поэтому компромиссным будет импеданс 200 Ом.

Выходную цепь транзистора 2Q4, возможно, стоило бы переделать на Z = 50 Ом для согласования с кабелем. Но после доработки диодного переключателя в диапазоне AIR мы получим выигрыш 14 дБ по усилению. Появится "живой" шум на этих частотах, остальные проблемы в блоке № 2 пока оставим в покое.

На входе приёмника есть несколько ФНЧ на LC-элементах. Если их переделать на импеданс 1 кОм, потребуются ёмкости конденсаторов около 4 пФ и индуктивность катушек 5 мкГн. В случае практической реализации возникают проблемы с паразитными ёмкостями, и результат будет неудовлетворительным. С применением "магазинных" компонентов разумный предел найдётся с индуктивностью катушек 1...2,2 мкГн и АЧХ будет удовлетворительной до 140 МГц. Это обстоятельство ограничивает волновое сопротивление этих фильтров значением 200 Ом.

Полупроводниковые ключи более эффективно работают на резистивную нагрузку, если источник и нагрузка имеют большое сопротивление. Поэтому повышение импеданса тракта кажется выгодным. Это касается и уменьшения нелинейных эффектов. Но необходимо учесть паразитные ёмкости. У транзисторов 2SC9014, 2SC9015 она — 3,5 пФ, у диода 1SS135 — 1 пФ. При сопротивлении нагрузки 1 кОм получается постоянная времени 1 (3,5) нс, что соответствует частоте среза 158 (45) МГц. При сопротивлении нагрузки 200 Ом простые ключи на диодах 1SS135 обеспечивают развязку не менее 26 дБ (на частоте 30 МГц), что для S-2000 достаточно.

Внешние антенны хотелось бы подключать без потерь из-за несогласованности, поэтому на входе нужен ВЧ-трансформатор. Для упрощения задачи исходим от самой простой в реализации конфигурации 1:1:1. Тогда сопротивление антенны 50 Ом трансформируется в 200 Ом, а на самом "горячем" выводе получаем 450 Ом. На основе сказанного выше было принято решение доработку узлов вести с учётом того, чтобы их импеданс был около 200 Ом. Выходное сопротивление узла магнитной антенны имеет импеданс 330 Ом (задаёт резистор 10R4) и впишется в эту картину. Схема доработки показана на **рис. 12.15**.

Телескопическая антенна

Для усиления сигналов телескопической антенны в S-2000 применён транзистор 2SK2394-Y7 или 2SK3557-Y7 (3Q1), который якобы заменим на доступный в России BF861C. Ещё одна возможная замена — транзистор КП341Б, но российские изготовители по непонятной причине не умеют или не хотят оформить содержательные справочные листки и рекомендации по применению элементов, поэтому нам проще разработать узлы на импортных элементах. "Обвязка" транзистора 3Q1 в заводском варианте "украдена" из приёмников 90-х годов и рассчитана для транзистора BF861C, который имеет крутизну S = 20 мА/В при токе 12...15 мА. У транзистора 2SK2394-Y7 такая крутизна получается при токе стока 5 мА. Для этого подборкой резистора R8 устанавливают напряжение на истоке +0,5 В (см. рис. 12.10). Это затрудняет открывание p-n-перехода транзистора при действии мощных импульсных помех. Заводской дроссель 3L5 обладает сопротивлением 126 Ом на частоте 2 МГц и острым собственным резонансом на частоте 27 МГц. Резистор 3R5 заменяют дросселем L4 (типоразмер 0805) с низкой добротностью. Эти элементы вместе обладают сопротивлением 1,3...10 кОм по всему диапазону КВ, что в более 25 раз превышает выходной импеданс самого транзистора (50 Ом) и не нагружают его. Установка резистора R10 (150 Ом), на первый взгляд, неудачно уменьшает усиление тракта на 4,8 дБ. Но и в заводском было так же — транзистор с выходным импедансом 30 Ом нагружен на 50 Ом, что даёт затухание 4,1 дБ. Выигрыш совсем другой — существенно повышается линейность. Причина нелинейности заводского варианта усилителя на транзисторе 3Q1 — прямое подключение ёмкостной нагрузки (ФНЧ на плате № 1 и кабель) к истоку. В полевых транзисторах с n-каналом и управляющим p-n переходом положительная полуволна сигнала усиливается чуть больше, чем отрицательная, и с ёмкостной нагрузкой возникает эффект выпрямления. Резистор R9 устраняет возникновение этого эффекта. Шум и усиление, как и высокое входное сопротивление, остались на уровне заводского варианта. Резистор 3R3 заменяем дросселем L5 (68...330 мкГн, типоразмер 0805 или 1206), это даст рост напряжения питания на 0,1 В.

Повышение импеданса в тракте требует корректировки схемы подачи тока на диод 10D3. Новыми элементами (R1,

L1, L2) устраняется этот недостаток, важно применять дроссели с низкой добротностью.

ФНЧ на плате № 1

Для переделки этого ФНЧ на сопротивление 200 Ом индуктивность катушек (дросселей) надо увеличить в 3...4 раза, а ёмкость конденсаторов на столько же уменьшить. Трансформация импеданса не нужна, и наша схема будет однородной. Пользуясь случаем, сужаем АЧХ до 30 МГц, поставив выводные дроссели индуктивностью 1,5 мкГн взамен заводских. Ёмкость кабеля 20 пФ между платами № 3 и № 1 надо вычесть от расчётного значения ёмкости конденсатора 1С7, экспериментально получилось 4,7 пФ.

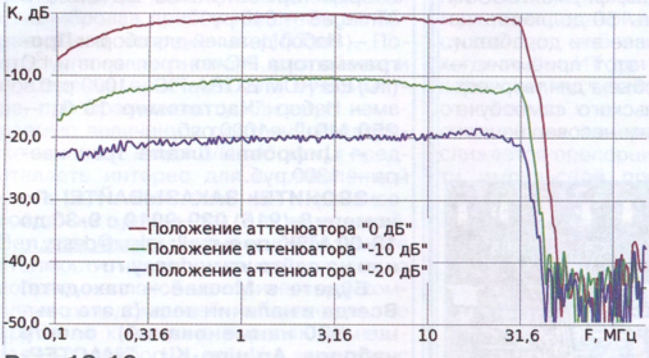


Рис. 12.16

Но в ФНЧ появился новый элемент — катушка индуктивности L5. В режиме аттенюатора "0 дБ" дроссели L5 и L8 образуют однородное продолжение ФНЧ. В других режимах эти две катушки индуктивности образуют с частью конденсаторов С9 и 1С12 Г-образные звенья. В этом случае, в отличие от заводского варианта, АЧХ не "проваливается". Оптимальным во всех режимах аттенюатора оказалось отношение L5:L8 = 2:1. Немного "похитрил" я с выходом аттенюатора, его импеданс меняется от 200 Ом при "0 дБ" до 60 Ом при "–20 дБ". Это, конечно, многовато для получения ровной АЧХ. Резистор R8 в достаточной мере устраняет этот эффект. Аттенюатор со своим сопротивлением совместно с резистором R3 согласуют выход всей цепи ФНЧ от антенны до смесителя — это распределённая нагрузка. На **рис. 12.16** приведены АЧХ тракта от входа 500/50 Ом до смесителя в разных положениях аттенюатора. Небольшой провал зелёной кривой можно "поднять" установкой последовательно с резистором 10R8 катушки индуктивности (2,2 мкГн), но для неё на плате нет места.

Антенные КВ-входы 50/500 Ом

Входной ФНЧ (см. рис. 12.10) сократим на одно (первое) звено и переделаем второе на сопротивление 200 Ом. Вместо первого звена поставим трансформатор, который намотан на кольцевом (диаметром 10 мм) магнитопроводе из феррита 1000НМ. Намотка — шесть витков, втрое сложенными проводами ПЭВ диаметром не менее 0,1 мм. Индуктивность одной обмотки — 36 мкГн. На магнитопроводе из феррита 2000НМ надо намотать четыре витка. На **рис. 12.17** показан монтаж моего первого опытного трансформатора с обмоткой десять витков, который не "дотянул" до частоты 30 МГц (оранжевая кривая на рис. 12.7). Трансформатор фиксирует эпоксидным клеем в квадратной прорези платы № 3.

Газоразрядник я установил на разъёме "500 Ом", так как оттуда в первую очередь можно ожидать сюрпризов. Электростатические заряды отводит трансформатор.

Защитные диоды

В диапазоне КВ применены по три последовательно соединённые диодные сборки BAV99 (VD1—VD3 и VD4—VD6), что повышает устойчивость к мощным сигналам на КВ, но не ухудшает защиту по сравнению с заводским вариантом. Новый ФНЧ на плате № 3 даёт затухание 20...30 дБ в УКВ-диапазоне и зеркальных каналах, входной трансформатор подавляет низкочастотные помехи. Для установки диодных сборок надо вырезать площадку и на ней с помощью сверла удалить связь с общим проводом другой стороны платы (**рис. 12.18**).

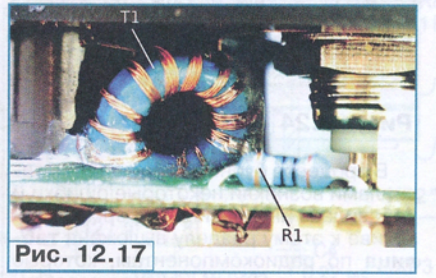


Рис. 12.17



Рис. 12.18

Коммутатор AIR/ДВ-СВ-КВ

В этой части платы проведём генеральную уборку. Удаляют, начиная с диода 10D5 до входа 10Т1, все элементы, выделенные красным цветом на рис. 12.1. Всё почистим (**рис. 12.19**) от олова и флюса и начнём сборку с "чистого листа".

Рис. 12.19

Вокруг "холодного" вывода первичной обмотки трансформатора 10Т1 вырезаем островок для пайки трёх бескорпусных элементов (**рис. 12.20**) и устанавливаем сначала конденсаторы С4, С5, С7, а затем на одном из них — резистор R5. Эти элементы надёжно "заземляет" этот вывод для сигналов по всему диапазону частот, резистор R5 создаёт обратное смещение для диодов 10D2 и 10D5. На место диода 10D5 перпендикулярно плате припаивают выводные элементы L8 и R8 (**рис. 12.21**), сам диод монтируют на место дросселя 10L2.

Диод 10D2 устанавливают на старое место (для уменьшения искажений рекомендуется применить диод BA479).

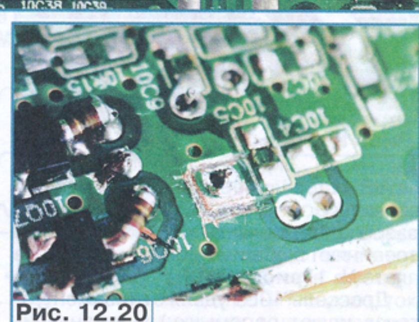


Рис. 12.20

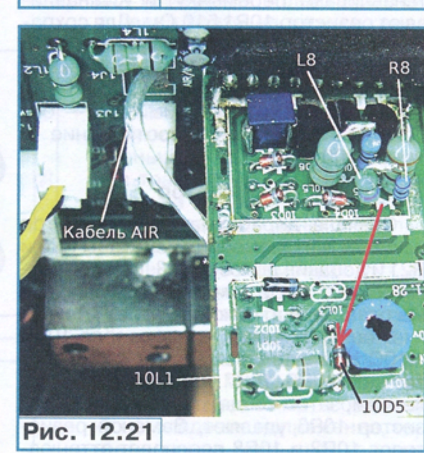


Рис. 12.21

Устанавливают элементы 10L1 и С9 с другой стороны на новой позиции (**рис. 12.22**). На позицию конденсатора 10С8 припаивают "бутерброд" из резистора R2 и конденсатора 10С8. Резистором R3 на позиции 10С9 создаём принудительное согласование смесителя. Кто измеряет АЧХ, вместо резистора временно подключает ВЧ-транс-

РАДИО®
РАДИОПРИЁМ
тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2015

форматор 9:1 (450:50 Ом), и R3 поставим по окончании работ.

Проверяют приёмник на работоспособность коммутатора. Можно заметить "свободное дыхание" на диапазоне 10 м и наконец-то "живой шум" диапазона AIR. Рекомендую переложить коаксиальный кабель от блока № 2 непосредственно до диода 10D2 в точку. Для этого на месте не установленного разъёма AIR/IN сделаем отверстие 2×2,5 мм и проведём новый кабель. Подойдёт тонкий СВЧ-кабель для оборудования Wi-Fi. "Лишнюю" медную дорожку сигнала AIR, которая "перехватывала" раньше сигнал КВ на плате № 10, с помощью разреза "отцепляют" от диода 10D2 и соединяют с общим проводом прямо на плате № 1 (**рис. 12.23**).

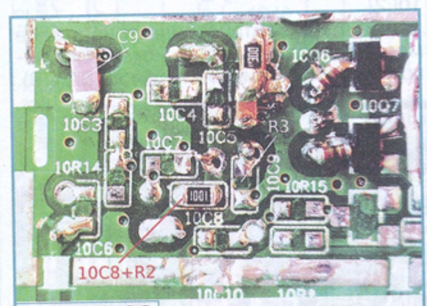


Рис. 12.22

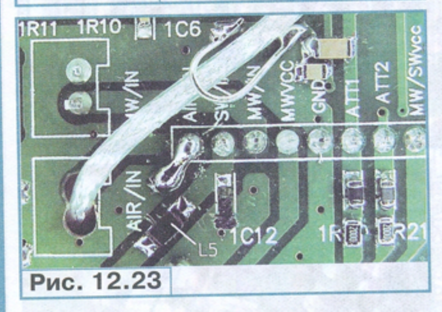


Рис. 12.23

Дроссель 10L5 удаляют (взамен устанавливают перемычку) и устанавливают резистор 10R1 510 Ом. Для сохранения усиления на диапазонах ДВ-СВ заменяем резистор 10R4 на 1,2 кОм. Дроссель 10L8 заменяют выводным, не менее 3,3 мГн (допустимый ток — более 20 мА, активное сопротивление — менее 100 Ом).

Аттенюатор

Сначала дорабатывают аттенюатор на плате № 1, заменив резисторы R20 и R21 и добавив дроссели L3, L4 и конденсаторы C1 и C2 (см. рис. 12.15). Этим мы развязали аттенюаторы по УКВ и КВ.

В базовых цепях транзисторов 10Q4 и 10Q5 устанавливают (**рис. 12.24**) резисторы 10R5, 10R7 с другим сопротивлением, затем конденсаторы C3, C8, резистор 10R6 удаляют. Заменой резисторов 10R2 и 10R8 переводят аттенюатор на Z = 200 Ом. Конденсаторы 10C38 и 10C39 удаляют и заменяют конденсатор у коллектора 10Q4 на RC-цепь.

При проверке приёмника с проволочной антенной не следует пугаться, если эфир покажется пустым, это просто отсутствие привычных до этого интермодуляционных искажений. На моё удивление, приёмник стал настолько чувствительным (стало понятно, насколько хорош первый смеситель), что даже в положении аттенюатора "–20 дБ" он "услышит" шум эфира на диапазоне 15 м с моей суррогатной антенной — провод длиной 8 м, закинутый на дерево и подключённый к "настоящему" входу 500 Ом. Японию и Бразилию я до этого никогда не слышал в Оренбуржье, сейчас сигналы слабые, но чистые. Насколько велика разница между заводским приёмником и доработанным, станет понятно при воспоминании, что я с новым приобретением на балконе еле смог поймать любительские станции на диапазонах 40 и 20 м, и это были киловаттные вечерние "собеседники". Каково же тогда было моё разочарование!

По моим расчётам, фирме TECSUN стоило бы добавить 50 долларов по стоимости и учесть все эти доработки. С другой стороны, этот приёмник — очень благодарный объект для творчества и радиолюбительского самообучения, пускай его таким несовершенным и впредь делают.

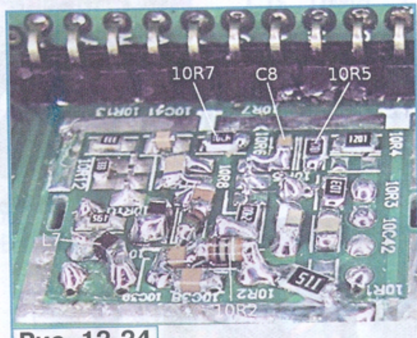


Рис. 12.24

В процессе бурной работы над материалами возникли некоторые ошибки и добавилась интересная информация. В архиве к этому разделу выложена **таблица** по радиокомпонентам, которые стоит иметь в запасе, начиная доработку. Даны материалы для каждого отдельного номера журнала и сводный лист с комментариями. Цены приведены для более эксклюзивных компонентов.

Заключение

Весь проект доработки радиоприёмника S-2000 вырос от любопытного вскрытия приёмника до захватывающего многомесячного занятия и написания статьи в журнал. Когда в редакции начали работу над материалом, мысли были о трёх частях, а их стало 12. Ещё накопился материал для продолжения доработки блока УКВ. Особо хочу поблагодарить всех близких, которые меня с терпением поддержали. С профессиональной помощью и поддержкой со стороны редакции журнала "Радио" этот проект стал целостным по содержанию и оформлению.

Желаю Вам чистого приёма и приятного отдыха на прогулках в эфире!

От редакции. Фотографии и другие упомянутые в статье материалы устройств находятся по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/s2000-12.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Миллиомметр — приставка к мультиметру

С. ГЛИБИН, г. Москва

Приставка совместно с цифровым мультиметром серий М-83х, DT-83х позволяет проводить измерения малых активных сопротивлений с дискретностью 0,001 Ом. Как и предыдущие приставки, разработанные автором, она питается от внутреннего стабилизатора АЦП мультиметра.

Известно, что мультиметры серий М-83х, DT-83х обладают малой погрешностью измерения напряжения постоянного тока. Причём эту погрешность всегда можно минимизировать, откалибровав прибор подстройкой образцового напряжения (100 мВ). Поэтому, по мнению автора, разработка и повторение приставок для мультиметра, преобразующих ту или иную измеряемую величину в постоянное напряжение на его входе "VΩmA", могут представлять интерес для определённой части радиолюбителей как с финансовой точки зрения, так и с творческой. При доступности элементной базы и её стоимости из таких приставок можно собрать неплохой измерительный комплекс для домашней лаборатории, не прибегая к покупке дорогих измерительных приборов, причём зачастую с погрешностью измерений, приближающейся к погрешности самого мультиметра. Очередная такая приставка — миллиомметр — представлена ниже. Она позволяет измерять малые активные сопротивления резисторов, что особенно важно при их самостоятельном изготовлении из отрезков проводов с высоким удельным сопротивлением, например, для различных шунтов.

Основные технические характеристики

Интервал измерения, Ом . . . 0,001...1,999
Погрешность измерения сопротивления в интервале 0,2...1,999 Ом, %, не более * 2
Напряжение питания, В 3
Ток потребления, мА, не более 2,5

** Погрешность измерения тщательно налаженного устройства в указанном выше интервале практически сводится к погрешности мультиметра в режиме измерения постоянного напряжения на пределе 200 мВ через 5...10 мин после включения приставки при замкнутых измерительных зажимах.*

Существуют два простых способа измерения низкоомных резисторов. Первый — подавать через измеряемый резистор небольшой ток (единицы мА) с последующим усилением падения напряжения на измеряемом резисторе. Однако это потребует применения в усилителе постоянного тока дорогостоящих и не всем доступных прецизионных ОУ с малым напряжением смещения нуля и его уходом от изменения температуры. Второй — более простой и менее затратный — подавать больший ток (например, 100 мА) и непосредственно измерять падение напряжения на резисторе. В случае наличия соответствующего источника постоянного тока (ИТ) так и поступают. На первый взгляд, при питании миллиомметра от АЦП мультиметра такой возможности нет. Но существует ещё и импульсный метод, когда ток от ИТ для измерения подают короткими во времени импульсами по отношению к их периоду. При этом средний ток измерения, как известно, снижается пропорционально скважности импульсной последовательности.

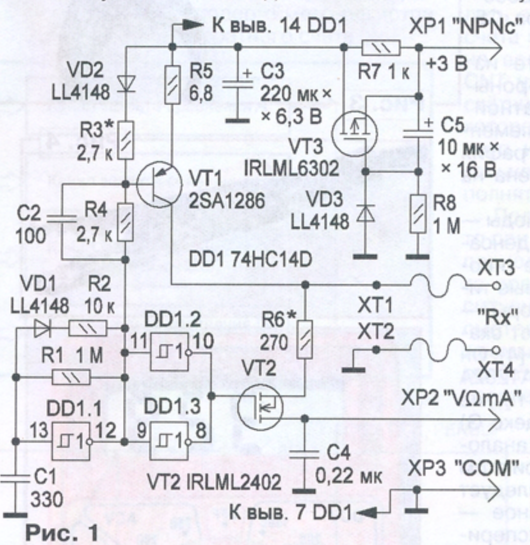
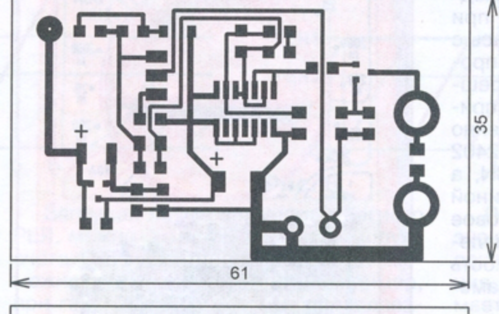


Рис. 1



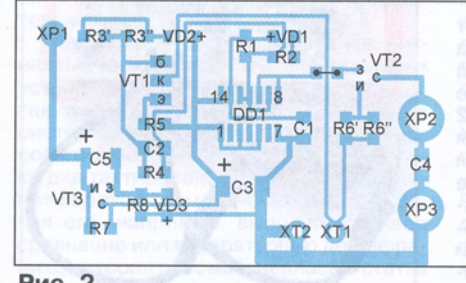


Рис. 2

Этот метод, как и в некоторых предыдущих разработках, например [1, 2], использован для измерения малых сопротивлений.

Схема приставки приведена на **рис. 1**. Рассмотрим работу приставки при подключённом к зажимам XT3, XT4 измеряемом резисторе Rx.

На логическом элементе DD1.1 — триггере Шмитта (ТШ), элементах VD1, C1, R1, R2 собран генератор импульсов. Период повторения импульсов — 150...160 мкс, пауза — 3...4 мкс. При указанном на схеме включении диода VD1 генератор потребляет минимальный ток, что связано с особенностью разного потребления тока ТШ при его переходе из состояния логического нуля в логическую единицу и обратно [3]. Когда напряжение на входе уменьшается от высокого уровня к низкому (на выходе уровень логического нуля), сквозной ток через выходные транзисторы ТШ в 2...4 раза больше, чем в обратном случае. Эта особенность, по наблюдениям автора, проявляется во всех ТШ буферизированной логики КМОП. Поэтому, если время разрядки конденсатора C1 сократить введением цепи VD1R2, средний ток потребления генератором импульсов при питании 3 В для серии 74НС будет равен 0,2 мА вместо 0,5...0,8 мА. Элементы DD1.2 и DD1.3 — инверторы, на выходе которых длительность импульсов равна 3...4 мкс, а пауза — 150...160 мкс. Они включены параллельно для повышения нагрузочной способности.

На транзисторе VT1 собран источник тока. Диод VD2 — термокомпенсирующий. Ток ИТ задан равным 100 мА. При таком токе на резисторе сопротивлением 2 Ом падение напряжения равно 200 мВ, что соответствует пределу измерения в мультиметре "200 mV". ИТ задаёт ток для измерения только при появлении паузы на выходе генератора импульсов на DD1.1, когда резистор R4 на время 3...4 мкс через этот выход подключён к общему проводу. "Ускоряющий" конденсатор C2 уменьшает время переключения транзистора VT1 для получения на измеряемом резисторе Rx прямоугольных импульсов. Инвертированные импульсы с выходов элементов DD1.2, DD1.3 поступают на затвор полевого транзистора VT2, включённого как синхронный детектор. На время действия импульса ток от ИТ проходит через измеряемый резистор, создавая на нём падение напряжения, которое через открытый транзистор VT2 синхронного детектора поступает на "запоминающий" конденсатор C4, заряжая его до падения напряжения на резисторе. Напряжение с конденсатора через клеммы XP2, XP3 поступает на вход "VΩmA" для измерения. По окончании импульса оба транзистора за-

РАДИО
ИЗМЕРЕНИЯ
тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

крываются на время 150...160 мкс до появления следующего. Сглаживающий конденсатор С3 ёмкостью 220 мкФ устраняет в линии питания импульсный характер тока потребления приставкой, поддерживая его на уровне около 2,5 мА для встроенного стабилизатора напряжения +3 В АЦП мультиметра. Этот ток нетрудно определить, учитывая, что скважность импульсов на выходе инверторов DD1.2, DD1.3 равна 40...50 (100 мА / (40...50)).

Узел на полевом транзисторе VT3 и элементах R8, C5 служит для ограничения тока зарядки конденсатора С3 от стабилизатора напряжения АЦП на уровне не более 3 мА с момента подачи питания в течение 5 с. При подаче питания напряжение на конденсаторе С5 начинает расти за счёт протекания зарядного тока через резистор R8. Когда оно достигнет порогового для транзистора VT3, последний начинает плавно открываться, обеспечивая ток зарядки конденсатора С3 на безопасном для стабилизатора АЦП уровне. Резистор R7 и диод VD3 обеспечивают разрядку конденсатора С5 после отключения питания.

Приставка собрана на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Чертёж печатной платы и расположение на ней элементов показаны на **рис. 2**. Фотография собранной приставки представлена на **рис. 3**.

Конденсаторы, резисторы и диоды — поверхностно монтируемые. Конденсаторы С1, С2, С4 — керамические типоразмера 1206, С3, С5 — танталовые типоразмеров С и В. Все резисторы — 1206. Немного подробнее следует сказать о транзисторе 2SA1286 (VT1) [4]. Он заменим, например, 2SA1282, 2SA1282A с коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ не менее 500 (дополнительный индекс G) [5]. Возможна замена и на другие аналогичные с меньшим $h_{21э}$ (до 300), при этом сопротивление резистора R4 следует уменьшить до 1,8...2 кОм. Главное — проверить в документации или экспериментально, чтобы пологая часть выходной характеристики транзистора при токе коллектора $I_к$ 100 мА начиналась с напряжения $U_{кэ}$ не более 0,5 В. В противном случае на указанную погрешность измерения рассчитывать не придётся — она может быть существенно больше. Полевой транзистор IRLML2402 (VT2) заменим, например, FDV303N, а IRLML6302 (VT3) — BSS84. При иной замене следует учесть, что пороговое напряжение транзисторов, сопротивление открытого канала и входная ёмкость (Ciss) должны быть сопоставимы заменяемым.

Штырь XP1 "NPNc" — подходящий от разъёма или отрезок лужёного провода подходящего диаметра. Отверстие под него в плате сверлят "по месту" после установки штырей XP2, XP3. Штыри XP2 "VΩmA" и XP3 "COM" — от щупов для мультиметра. Неразъёмные соединения XT1, XT2 — лужёные пустотелые медные заклёпки, пропаянные с предназначенными для них контактными площадками на печатной плате. В заклёпки вставлены и пропаяны облуженные концы гибкого провода МГШВ сечением 0,5...0,75 мм^2, заканчивающиеся зажимами XT3, XT4 типа "крокодил". Длина каждого провода — 10...12 см. Нижние внутренние поверхности "пасти" зажимов облуживают. Концы проводов, идущих к ним, облуживают, затем протаскивают в нижние "пасти" зажимов и припаивают. Припой следует нанести с излишком, который затем опиливают надфилем до уровня зубьев "крокодила", как показано на фотографии **рис. 4**.

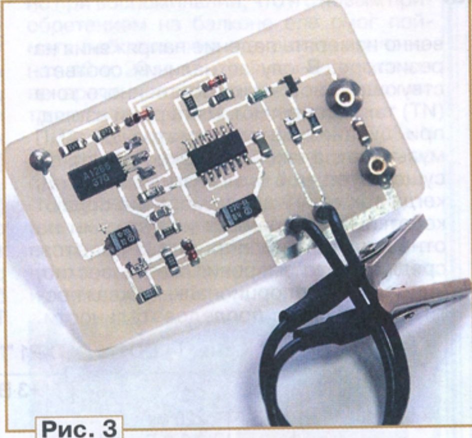


Рис. 3

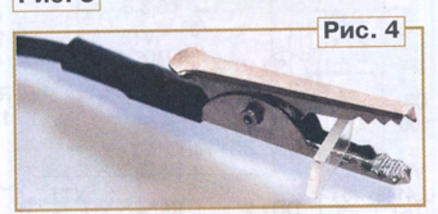


Рис. 4

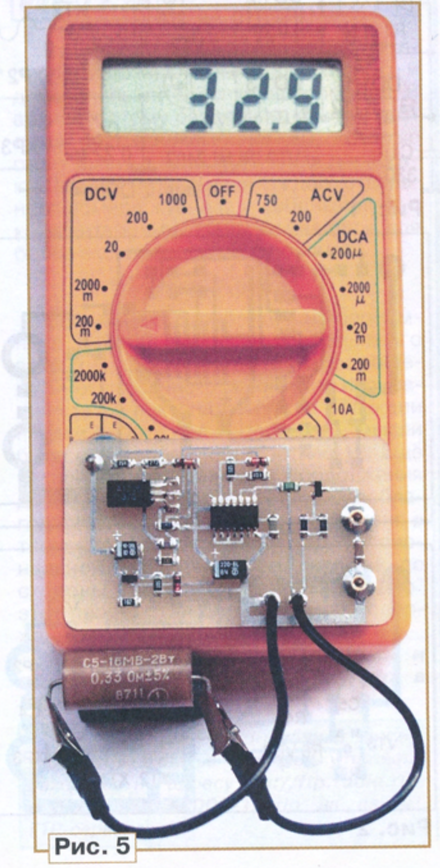


Рис. 5

Приставка требует налаживания. При работе с ней переключатель рода работ мультиметра устанавливают в положение измерения постоянного напряжения на пределе "200 mV". Показания с учётом высвечиваемой запятой следует делить на 100. Перед подключением приставки к мультиметру следует проконтролировать потребляемый ею ток от другого источника питания напряжением 3 В, имеющего защиту по току, чтобы не вывести из строя встроенный маломощный стабилизатор напряжения питания АЦП в случае неисправности какого-либо элемента или случайного замыкания токоведущих дорожек платы.

Подключите приставку к мультиметру и замкните зажимы XT3, XT4, "закусив" их "пасти" с напаянными площадками друг на друга. Дайте установиться тепловому режиму транзистора VT1 в течение 5...10 мин. Несмотря на то что корпус транзистора холодный на ощупь, кристалл внутри корпуса даже от коротких импульсов тока 100 мА за это время нагреется и его температура стабилизируется. Для облегчения налаживания резисторы R3 и R6 на плате составлены из двух, соединённых параллельно. На рис. 2 они обозначены как R3', R3" и R6', R6". Через 5...10 мин подберите резистор R6' так, чтобы показания индикатора мультиметра оказались в интервале 0...+0,5 мВ, а затем подбором дополнительного резистора R6" большего сопротивления установите "чистый" ноль (±0 мВ). Далее, подключив к зажимам XT3, XT4 заведомо измеренный резистор Rx, например, 1 Ом, резисторами R3' и R3" установите соответствующие показания на индикаторе мультиметра. Для уменьшения погрешности измерений указанные операции следует повторить до получения нужного результата. На **рис. 5** показана фотография приставки с мультиметром при измерении проволочного резистора С5-16МВ мощностью 2 Вт с номинальным сопротивлением 0,33 Ом и допуском ±5 %.

При изменении печатной платы свободные входы элементов микросхемы DD1 следует соединить с плюсовой линией питания или с общим проводом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глибин С.** Измеритель ЭПС — приставка к мультиметру. — Радио, 2011, № 8, с. 19, 20.

2. **Глибин С.** Замена микросхемы 74АС132 в измерителе ЭПС. — Радио, 2013, № 8, с. 24.

3. 74HC14, 74HCT14. Hex inverting Schmitt trigger. — URL: **http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT14.pdf** (6.04.15).

4. 2SA1286. — URL: **http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets2/14/147003_1.pdf** (6.04.15).

5. 2SA1282, 2SA1282A. — URL: **http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets2/16/163185_2.pdf** (6.04.15).

***От редакции.** Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/milliommeter.zip** на нашем ftp-сервере.*

Средства генерации, счёта импульсов и формирования временных интервалов в ATxmega

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Эта статья продолжает серию материалов того же автора об архитектуре микроконтроллеров семейства ATxmega.

В микроконтроллерах ATxmega серии A3 имеются восемь таймеров-счётчиков — по два на каждый из портов C, D, E, F. Основой для них стал довольно удачный шестнадцатиразрядный таймер-счётчик микроконтроллеров ATmega, который получил ряд полезных усовершенствований.

Все эти таймеры-счётчики абсолютно идентичны между собой в функциональном плане, но подразделяются на два типа — TCx0 и TCx1, где x — символическое имя порта, с которым ассоциирован таймер-счётчик. Различие в том, что TCx0 имеют по четыре канала захвата-сравнения, подключаемых к линиям 0—3 своего порта, а в TCx1 — всего два таких канала, которые подключаются к линиям 4 и 5. Их предшественник — шестнадцатиразрядный таймер-счётчик микроконтроллера семейства ATmega — хорошо описан в [1], поэтому в предлагаемой статье речь пойдёт только об отличиях от него, присущих таймеру-счётчику ATxmega.

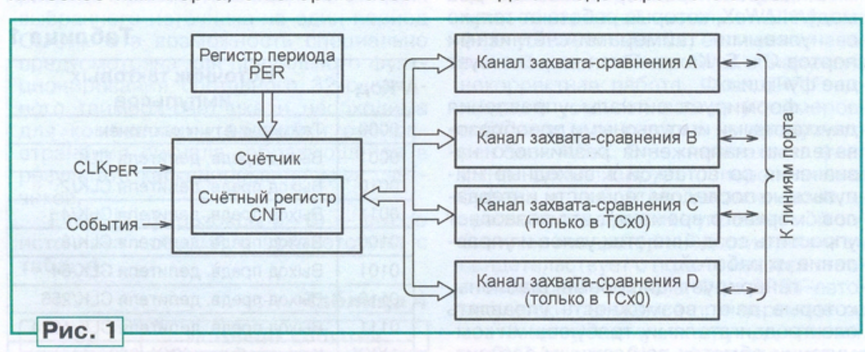


Рис. 1

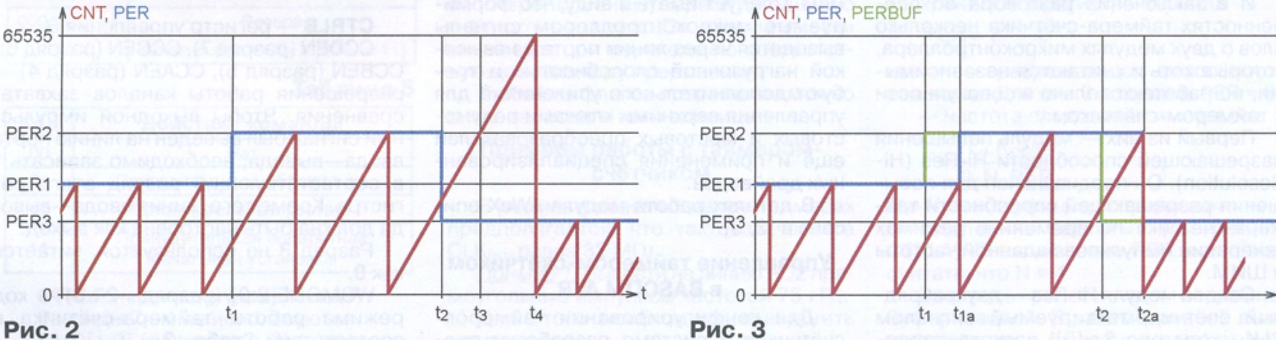


Рис. 2 **Рис. 3**

Упрощённая структура таймера-счётчика представлена на **рис. 1**. Он может работать в следующих режимах: нормальном (NORMAL), генерации сигналов заданной частоты (FRQ) и генерации ШИМ-сигналов (PWM). Функционирование таймера-счётчика в этих режимах хорошо освещено в [2, 3], поэтому здесь не описывается.

Очень полезное усовершенствование — введение в структуру таймера-счётчика регистра периода (PER) для хранения значения модуля счёта. В ходе работы счётчика содержимое его счётного регистра CNT изменяется от 0 до содержимого регистра PER в ходе прямого счёта и от содержимого регистра PER до 0 в ходе обратного счёта.

Загружая новые значения в регистр PER, можно "на лету" изменять модуль счёта. Это существенно расширяет возможности таймера-счётчика, например, при генерации импульсных последовательностей и ШИМ-сигналов.

Тактировать счётчик можно как сигналами тактовой частоты периферийных устройств микроконтроллера (CLK$_{PER}$), так и сигналами, поступающими из системы событий. При этом сигналы событий могут использоваться не только для тактирования, но и для управления работой таймера-счётчика, заставляя его, например, выполнять захват, сравнение или квадратурную дешифрацию, которая рассматривалась в статье [4].

Загрузка новых значений в регистр PER и регистры каналов захвата-сравнения CCA—CCD обычно происходит немедленно после их выдачи программой, однако в ряде случаев немедленное обновление нежелательно, поскольку может вызвать кратковременное появление так называемых "странных сигналов", например, нелогичное изменение длительности формируемых импульсов. Природу такого явления иллюстрирует **рис. 2**.

Допустим, в регистр периода записано значение PER1, поэтому содержимое счётного регистра CNT циклически изменяется от 0 до этого значения. В момент времени t_1 происходит перезагрузка регистра периода значением PER2. При PER2>PER1 нарушения в работе счётчика не происходит — CNT досчитает до значения PER2, обнулится и начнёт новый цикл счёта той же длительности.

Но в момент времени t_2 производится перезагрузка регистра PER значением PER3. На этот раз PER3<PER2. Теперь логика управления ждёт выполнения условия CNT = PER3, чтобы обнулить счётчик. Однако в текущем цикле счёта это равенство не будет выполнено, если в момент времени t_2 значение CNT уже было больше PER3. Поэтому счётчик будет считать до переполнения, которое наступит после 65535-го тактового импульса, обнулится самостоятельно и лишь после этого начнёт выполнять циклы счёта от 0 до PER3.

Подобное явление может иметь место при перезагрузке не только регистра периода, но и регистров каналов захвата-сравнения. Для исключения этих ситуаций в таймере-счётчике предусмотрена двойная буферизация загружаемых значений с помощью буферных регистров периода PERBUF и захвата-сравнения CCnBUF.

При двойной буферизации новое значение предела счёта загружают не в основной, а в буферный регистр. Ситуация, представленная на рис. 2, принимает вид, показанный на **рис. 3**. При загрузке регистра PERBUF, которую производят в моменты времени t_1 и t_2, содержимое регистра PER не изменяется. Поэтому не меняется длительность выполняемых в это время циклов счёта. Но в моменты t_{1a} и t_{2a} одновременно с обнулением счётного регистра происходит перенос значения из регистра PERBUF в регистр PER, поэтому последующие циклы выполняются уже с новым периодом. Более подробно механизм двойной буферизации рассмотрен в [3].

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

При необходимости два 16-разрядных таймера-счётчика могут быть объединены в один 32-разрядный с помощью системы событий микроконтроллера. Переполнение "младшего" таймера-счётчика генерирует событие, которое через канал системы событий поступает в качестве тактирующего сигнала на "старший" таймер-счётчик.

Каждый таймер-счётчик микроконтроллера может генерировать запросы прерывания и события. Условия их генерации одинаковы:

— переполнение (переход от максимального значения к нулевому) в ходе прямого счёта или переопустошение (переход от нулевого значения к максимальному) в ходе обратного счёта;

— захват текущего состояния счётного регистра в регистр захвата или равенство текущего значения в счётном регистре значению, загруженному в регистр сравнения (фиксируется каждым из каналов);

— переполнение буфера при использовании любого из каналов захвата-сравнения в режиме захвата.

Таймер-счётчик принимает три программные команды управления, с помощью которых можно незамедлительно изменить его состояние. Команда обновления вызывает те же действия, что и достижение значением в счётном регистре условия обновления. Она может быть заблокирована, если установлен разряд блокировки обновления. Команда повторного старта выполняет принудительный перезапуск текущего периода генерации импульсов, а команда начальной установки позволяет инициализировать все регистры таймера-счётчика начальными значениями. Эта команда исполняется только при условии выключенного состояния таймера-счётчика.

И в заключение разговора об особенностях таймера-счётчика несколько слов о двух модулях микроконтроллера, которые хоть и считаются независимыми, но работают только в совокупности с таймером-счётчиком.

Первый из них — модуль повышения разрешающей способности Hi-Res (Hi-Resolution). Он предназначен для повышения разрешающей способности таймера-счётчика по времени в режимах генерации импульсов заданной частоты и ШИМ.

Основа модуля Hi-Res — двухразрядный счётчик, тактируемый сигналом CLK_{PER4} (см. рис. 3 в [5]), частота которого в четыре раза выше частоты CLK_{PER}. При работе в режиме Hi-Res таймер-счётчик тактируется сигналом CLK_{PER}, однако с каждым тактовым импульсом значение в регистре CNT изменяется не на одну, а на четыре единицы (увеличивается при прямом счёте или уменьшается при обратном). При этом содержимое двух младших разрядов не изменяется.

Результат счёта "склеивается" из 14-ти старших разрядов таймера-счётчика и двух разрядов дополнительного счётчика Hi-Res, которые становятся двумя младшими разрядами 16-разрядного результата счёта. Результат получается правильным, поскольку тактовые последовательности CLK_{PER} и CLK_{PER4} строго синхронизированы. Разрешающая способность по времени в режиме Hi-Res улучшается в четыре раза.

В режиме Hi-Res+ к 14-ти старшим разрядам счётного регистра добавляют три разряда дополнительного счётчика, который теперь использует оба (нарастающий и спадающий) перепада импульсов частотой CLK_{PER4}. Поэтому разрешающая способность по времени улучшается в восемь раз.

Микроконтроллер имеет четыре блока Hi-Res — по одному на каждый из портов, оснащённых таймерами-счётчиками.

Ещё один, предназначенный для расширения возможностей таймера-счётчика, модуль микроконтроллера — AWeX (Advanced Waveform eXtension — узел улучшения формы сигнала). Он расширяет возможности таймера-счётчика в режимах генерации импульсов и упрощает реализацию функций управления мощными двухтактными преобразователями напряжения и электродвигателями различных типов — асинхронных, шаговых, коммутируемых реактивных (SR) и бесщёточных постоянного тока (BLDC).

В микроконтроллере имеются два модуля AWeX, которые работают только с нулевыми таймерами-счётчиками портов С и Е. Каждый из них реализует две функции:

— формирует сигналы управления двухтактными импульсными преобразователями напряжения различного назначения со вставкой в выходные импульсные последовательности интервалов "мёртвого времени", что позволяет упростить создание этих узлов и управление их работой;

— генерирует цифровые шаблоны, которые дают возможность управлять электродвигателями, требующими коммутации обмоток по сложным алгоритмам. Следует иметь в виду, что формируемые микроконтроллером сигналы выводятся через линии порта с невысокой нагрузочной способностью и требуют дополнительного усиления, а для управления верхними ключами полумостовых и мостовых преобразователей ещё и применения специализированных драйверов.

В деталях работа модуля AWeX описана в [2, 3].

Управление таймером-счётчиком в BASCOM AVR

Для конфигурирования таймеров-счётчиков в системе разработки программ BASCOM AVR предназначена директива Config TCxy, где х — символическое имя порта, с которым ассоциирован таймер-счётчик; у — тип таймера-счётчика (0 или 1). Полное описание этой директивы приведено в разделе "Помощь" BASCOM AVR. Она позволяет задать большинство необходимых для настройки таймера-счётчика параметров, а недостающие параметры загружаются в программно-доступные регистры таймера-счётчика, основные из которых перечислены ниже.

1. Шестнадцатиразрядные регистры.

PER — уже упоминавшийся выше регистр периода.

CCA, CCB, CCC, CCD — регистры каналов захвата-сравнения нулевого таймера-счётчика (в имеющем лишь два канала захвата-сравнения первом таймере-счётчике только регистры CCA и CCB).

2. Восьмиразрядные регистры.

CTRLA — регистр управления А.

Разряды 4—7 не используются, их чтение возвращает нули.

CLKSEL[3:0] (разряды 3—0) — выбор источника тактовых импульсов для таймера-счётчика в соответствии с **табл. 1**.

Таблица 1

Код	Источник тактовых импульсов
0000	Таймер-счётчик отключён
0001	Выход предв. делителя CLK
0010	Выход предв. делителя CLK/2
0011	Выход предв. делителя CLK/4
0100	Выход предв. делителя CLK/8
0101	Выход предв. делителя CLK/64
0110	Выход предв. делителя CLK/256
0111	Выход предв. делителя CLK/1024
1XXX	Канал события XXX (000—111)

CTRLB — регистр управления В.

CCDEN (разряд 7), CCCEN (разряд 6), CCBEN (разряд 5), CCAEN (разряд 4) — разрешения работы каналов захвата-сравнения. Чтобы выходной импульсный сигнал был выведен на линию порта ввода—вывода, необходимо записать 1 в соответствующий разряд этого регистра. Кроме того, линия ввода—вывода должна быть настроена как выход.

Разряд 3 не используется, читается как 0.

WGMODE[2:0] (разряды 2—0) — код режима работы таймера-счётчика в соответствии с **табл. 2**.

Таблица 2

Код	Режим работы	Регистр вершины счёта (TOP)	Условие обновления (UPDATE)	Условие события или запроса прерывания
000	Нормальный	PER	CNT=TOP	CNT=TOP
001	FRQ	CCA		
010	Резерв	—	—	—
011	ШИМ с однонаправленным счётом	PER	CNT=0	CNT=0
100	Резерв	—	—	—
101	ШИМ с двунаправленным счётом	PER	CNT=0	CNT=TOP
110				CNT=TOP и CNT=0
111				CNT=0

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-28-38

CTRLD — регистр управления D.

EVACT[2:0] (разряды 7—5) — код реакции таймера-счётчика на событие в соответствии с **табл. 3**.

Таблица 3

Код	Реакция на событие
000	Нет реакции
001	Захват
010	Внешне-управляемый прямой/обратный счёт
011	Квадратурная дешифрация
100	Повторный старт
101	Захват и повторный старт по событию нарастающего перепада. Позволяет измерить период и вычислить частоту входного сигнала
110	Захват по событию спадающего перепада и повторный старт по событию нарастающего перепада. Позволяет измерить длительность импульса
111	Резерв

EVDLY (разряд 4) — единица в этом разряде приводит к задержке сигнала выбранного источника на один период CLK_{PER}. Эта возможность специально предусмотрена для правильного функционирования составного 32-разрядного таймера-счётчика и необходима для компенсации задержки распространения сигнала, образующейся в результате каскадирования двух счётчиков.

EVSEL[3:0] (разряды 3—0) — выбор источника событий в соответствии с **табл. 4**.

Таблица 4

Код	Источник события
0000	Нет
0001—0111	Резерв
1XXX	Канал события XXX [000—111]

Таблица 5

Код	Действие команды
00	Нет
01	Принудительное обновление
10	Принудительный рестарт
11	Принудительная аппаратная начальная установка

CTRLF — регистр управления F. Разряды 7—4 не используются.

CMD[1:0] (разряды 3, 2) — код программной команды управления таймером-счётчиком в соответствии с **табл. 5**.

LUPD (разряд 1) — блокировка обновления.

DIR (разряд 0) — направление счёта: 0 — прямой, 1 — обратный.

CTRLFSET — установка единиц в регистре CTRLF.

CTRLFCLR — установка нулей в регистре CTRLF.

С регистром CTRLF, как и с некоторыми другими регистрами таймера-счётчика, связаны два регистра установки. Оба они абсолютно идентичны по структуре, но выполняют по отношению к регистру CTRLF противоположные действия: единица в разряде регистра CTRLFSET устанавливает такое же значение в соответствующем разряде регистра CTRLF, а единица в разряде регистра CTRLFCLR, наоборот, обнуляет его. Так сделано для того, чтобы избежать применения к регистру CTRLF операции "чтение—модификация—запись".

INTFLAGS — регистр флагов прерываний.

CCDIF (разряд 7), CCCIF (разряд 6), CCBIF (разряд 5), CCAIF (разряд 4) — флаги запросов прерывания от каналов захвата-сравнения. В режиме захвата флаг устанавливается, когда в соответствующем регистре блока сравнения появляется захваченная информация. Флаг снимается чтением соответствующего регистра захвата. Переход по вектору прерывания к снятию флага не приводит.

В остальных режимах флаг устанавливается при совпадении значений в регистре CNT и соответствующем регистре сравнения. Он автоматически снимается при переходе по вектору прерывания.

Разряды 3, 2 не используются, при чтении возвращают 0.

ERRIF (разряд 1) — флаг прерывания по ошибке. В режимах генерации импульсов заданной частоты и ШИМ этот флаг устанавливается, если узлом аварийной защиты блока AWeX обнаружена некорректная работа. Флаг ERRIF никогда не устанавливается у таймеров-счётчиков, для которых не предусмотрен блок AWeX. В режиме захвата флаг ERRIF сигнализирует о переполнении буфера в любом из каналов захвата-сравнения, а в режиме управляемой событиями квадратурной дешифрации он свидетельствует о подаче некорректного индексного сигнала. Флаг ERRIF автоматически снимается при переходе по соответствующему вектору прерывания.

OVF (разряд 0) — флаг прерывания по переполнению/переопустошению счётного регистра. Он автоматически снимается при переходе по соответствующему вектору прерывания.

Любой из флагов прерывания можно снять записью в него единицы.

Примеры работы с таймером-счётчиком

В рассматриваемых далее примерах предполагается, что тактовая частота CLK_{PER} равна 32 МГц.

Пример 1. Вывести на линию PD2 прямоугольные импульсы частотой 75 кГц.

Для этого необходимо выполнить следующее:

— выбрать нужный таймер-счётчик и перевести его в режим генерации импульсов заданной частоты;

— рассчитать необходимое значение модуля счёта и занести его в нужный регистр захвата-сравнения;

— настроить линию PD2 на выход.

Задачу будем решать с помощью таймера TCD0, так как его каналы захвата-сравнения подключены к линиям 1—3 порта D. К нужной второй линии подключён канал CCB.

Частота следования импульсов на выходе таймера-счётчика, согласно [3], равна

$$F = \frac{CLK_{PER}}{2 \cdot N \cdot (CCn + 1)},$$

где N — коэффициент предварительного деления частоты (см. описание регистра CTRLA); CCn — значение в нужном регистре канала захвата-сравнения, для нашего случая в регистр CCB следует записать число

$$CCB = \frac{CLK_{PER}}{2 \cdot N \cdot F} - 1.$$

Чтобы вычислить его, необходимо задаться одним из возможных (см. табл. 1) и при этом допустимых, исходя из решаемой задачи, значением N. Если вычисленное значение CCB получилось дробным, его округляют до ближайшего целого. Чтобы уменьшить ошибку округления, следует выбирать N минимально возможным.

Например, при N = 8 и вычисленном значении CCB = 25,6(6) принимаем CCB = 26, что даёт ошибку 1,3 %. При N = 1 и вычисленном CCB = 212,3(3) принимаем CCB = 212, чем уменьшаем ошибку до 0,15 %. Выбираем последний вариант и составляем программу

```
Config TCD0=Freq,◇
Prescale=1,◇
CompareB=Enabled
TCD0_CCB=212
Config PORTD.2=Output
```

Пример 2. Настроить таймер-счётчик на генерацию широтно-модулированной импульсной последовательности в режиме двунаправленного счёта (условие обновления — CNT=0) с двойной буферизацией, разрешающей способностью 6 разрядов и частотой 62,5 кГц. Вывести сигнал на вывод PC4.

Для формирования этого сигнала следует использовать канал захвата-сравнения A (регистр CCA) таймера-счётчика TCC1. При двунаправленном счёте действуют следующие соотношения [3]:

— требуемое значение модуля счёта, хранимое в регистре периода

$$PER = 2^m - 1,$$

где m — разрешающая способность, разрядов. Для m = 6 получаем PER = 63;

— частота следования импульсов

$$F = \frac{CLK_{PER}}{2 \cdot N \cdot PER},$$

где N — коэффициент предварительного деления частоты (см. регистр CTRLA). Зная значение PER, легко подсчитать, что N = 4.

Осталось разобраться с двойной буферизацией. В рассмотренной выше информации о структуре программно-доступных регистров отсутствуют какие-либо сведения о том, как включить этот режим. Не предусмотрены соответствующие параметры и в директивах конфигурации таймера-счётчика. Как быть? Всё просто — двойная буферизация будет автоматически включена, если вместо регистра PER загрузить значение периода в регистр PERBUF.

Теперь можно приступать к программированию:

```
Config PORTC.4=Output
Config TCC1=5,◇
Prescale=4,◇
CompareA=Enabled
TCC1_PERBUF=63
```

На этом настройка таймера-счётчика закончена. Теперь значением в регистре

тел. 608-28-38 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

ССА можно задавать требуемый коэффициент заполнения импульсов. Следующая строка установит его равным приблизительно 50 %:

```
TCC1_CCA=31
```

Необходимо лишь следить, чтобы в процессе работы программы число в регистре ССА не превысило значения в регистре PER.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Евстифеев А.** В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы Atmel. — М.: "Додэка-XXI", 2008.
2. Xmega A. Manual. — URL: **http://www.atmel.com/Images/doc8077.pdf** (28.03.15).
3. Руководство по 8-битным AVR-микроконтроллерам XMEGA A. — URL: **http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh_xmega_a** (28.03.15).
4. **Савченко А.** Система событий микроконтроллеров ATxmega. — Радио, 2015, № 2, с. 24—27.
5. **Савченко А.** Система синхронизации микроконтроллера ATxmega и её настройка средствами BASCOM AVR. — Радио, 2015, № 7, с. 27—29.

РАСПЛЕТИН

С. МИШЕНКОВ, г. Москва

Издательство "Молодая гвардия" выпустило в серии "Жизнь замечательных людей" книгу "Расплетин". Авторы — Игорь Рауфович Ашурбейли и Евгений Михайлович Сухарев.

Академик Александр Андреевич Расплетин (1908—1967 гг.) прожил короткую, но очень насыщенную и интересную жизнь.

Широкая общественность узнала о нём, как о творце систем ПВО страны, только в семидесятые годы, после его смерти. До этого его имя было известно лишь кругу профессионалов, непосредственно работавших с ним, под его руководством, связанных с его деятельностью. В этой книге впервые даётся систематизированный анализ его становления, деятельности, позволившие участвовать в создании и вести огромный (тысячи предприятий) коллектив для обеспечения мирного, чистого неба страны.

Опираясь на открытые недавно архивные материалы, воспоминания работавших с ним сотрудников, собственные воспоминания (д-р техн. наук Е. М. Сухарев 13 лет работал под руководством и непосредственно с Александром Андреевичем, д-р техн. наук И. Р. Ашурбейли 11 лет возглавлял ОАО НПО "Алмаз-Антей им. академика А. А. Расплетина"), восстановлен весь жизненный путь инженера, исследователя, учёного, учителя и руководителя, а также пути возникновения и развития предприятий, на которых работал Александр Андреевич. В книге хорошо освещены взаимоотношения людей, их самоотверженный труд.

Детство Александра пришлось на появление и начало развития радио в нашей стране. Он организует в Рыбинске радиолабораторию, выполняющую заказы населения по ремонту и сборке радиоприёмников, усилителей, выполняющую работу по радиофикации городских зданий. Заработанные деньги идут на развитие лаборатории, радиолюбительское творчество. После выхода закона "О свободе эфира" Расплетин строит собственный радиопередатчик, получает позывной, изучает распространение коротких волн, участвует в первой Всесоюзной конференции коротковолновиков, где он встречается со знакомыми по работе в эфире братьями Гаухманами, с В. Л. Доброжанским и Н. Н. Стромиловым, с известными учёными-радиотехниками А. Л. Минцем и П. Н. Куксенко. Совместная работа с ними продлится в течение всей жизни. После возвращения в Рыбинск он уже руководит коллективом в 20 человек, осуществляющим радиофикацию города.

В 1930 г. Александр уже известен как радиоспециалист, и его приглашают радиомехаником на Радиозавод им. Коминтерна в Ленинграде, где он разрабатывает технологию изготовления кварцевых пластин, необходимых для стабилизации частоты. Огромная внутренняя энергия позволяет ему совмещать работу на заводе, вечернюю учёбу в техникуме, а затем в институте, радиолюбительство и работу в общественных радиолюбительских объединениях, решая самые новые, интересные технические задачи.

Расплетин участвовал в создании портативных радиостанций для Арктики и для экспедиции на северный полюс, но основным его увлечением, профессиональным занятием становится телевидение. Ему поручается разработка телевизора с большим экраном — больше, чем 3×4 см. Первоначально разрабатывается телевизор с зеркальным винтом (механическая развёртка), затем и с кинескопом, а для строящегося Дворца Съездов — с проекционным кинескопом для экрана 6×8 м.



Импульсная схемотехника, специфичная для телевидения и радиолокации, только зарождалась, поэтому в 30—40-х годах Александр Андреевич разработал и опубликовал методики проектирования и расчётов систем развёрток, высоковольтных выпрямителей для питания анодов кинескопов. Американские бытовые телевизоры содержали до 33 радиоламп, поскольку в них применялись громоздкие схемные решения, телевизор, продемонстрированный Расплетиным, был собран на 12.

Начавшаяся война потребовала партизанские средства связи, и коллектив телевизионщиков разрабатывает и организует производство знаменитой радиостанции "Север" в осаждённом Ленинграде, восстанавливает мощную СВ радиовещательную станцию, используя узлы телевизионного УКВ-передатчика, участвует в создании и производстве первых отечественных радиолокационных станций, включая самолётные.

Ещё до войны его сотрудники предложили передавать на самолёт изображение планшета с картой и радиолокационной обстановкой. Сразу после эвакуации в 1943 г. он начинает разработку, затем — выпуск и в 1944 г. — лётные испытания самолётной телевизионной системы. Установленная на истребителях она позволяла производить перехват целей по управлению с земли даже ночью. Система успела

помочь нашим лётчикам в небе Восточной Пруссии и Берлина.

Первые годы после войны Расплетин продолжает заниматься телевизионной тематикой (стандарт на 625 строк, разработка студийного оборудования и телевизоров "Ленинград Т-1" и "Ленинград Т-2"), но всё больше времени он отдаёт радиолокации, особенно авиационной.

При его участии разрабатываются различные самолётные РЛС: поисковая, станция защиты задней полусферы (хвоста) для бомбардировщиков и истребителей, радиолокационный бомбоприцел. Особое внимание обращалось на лётные испытания и подготовку, а затем и развёртывание серийного производства. Как бы завершает этот период разработка наземной станции, способной чётко обнаруживать танки на расстоянии до 16 км (с селекцией движущейся цели), и проработка создания пассивных вариантов ответчика "свой—чужой".

В 1950 г. Расплетин был переведён в КБ-1 на должность начальника радиолокационного отдела, заместителя главного конструктора по радиолокации, а затем главного конструктора систем ПВО. Наступил звёздный час жизни Александра Андреевича: именно ему принадлежат основные идеи осуществления системы слежения и наведения ракет на 1000 целей, движущихся на Москву с разных направлений. Разработанные в начале 50-х годов каждая из 56 станций системы С-25 одновременно обеспечивали поиск 20 целей и наведение на них 20 ракет.

Даже сейчас трудно представить грандиозность этой системы, разработку, испытания и создание её за четыре года и восемь месяцев. Система С-25 непрерывно совершенствовалась и простояла на боевом дежурстве до середины 80-х годов, обеспечивая мирное небо жителям Москвы и Московского промышленного района.


Русский биографический институт
Российская государственная библиотека
Культурно-просветительский центр «Орден»
«Литературная газета»
НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРЕМИЯ
ЛУЧШИЕ КНИГИ И ИЗДАТЕЛЬСТВА ГОДА – 2014
Номинация
«ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС»
Ашурбейли Игорь Рауфович,
Сухарев Евгений Михайлович. Расплетин
Издательство «Молодая гвардия». ЖЗЛ

Ещё в процессе проектирования системы ПВО С-25 возникли новые задачи: разработка мобильных комплексов, исследование возможностей создания и разработка систем противоракетной обороны (ПРО).

Первые мобильные комплексы с управляемыми ракетами С-75, С-125 и С-200 были созданы под руководством и при непосредственном участии Александра Андреевича. Они долгое время находились на вооружении в СССР и в некоторых зарубежных армиях. Залпы С-75 прервали полёты самолётов-разведчиков U-2 под Свердловском, над Кубой и истребителей в других странах.

Новые системы требовали новой элементной базы (создаётся известная 133-я серия микросхем), новой технологии производства и, что самое главное, новых взаимоотношений в коллективе. В книге подробно рассказывается о структуре КБ-1—"Стрелы" — "Алмаза", огромной кооперации предприятий, о зарождении лазерных локаторов, боевых лазеров, о педагогической деятельности А. А. Расплетина.

Внезапная смерть прервала работу над универсальной системой С-300, ставшей лебединой песней Учёного-исследователя, Разработчика, Организатора производства, Учителя.

Родина высоко оценила заслуги целеустремлённого человека, верного своему долгу перед государством и обществом, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий, академика Александра Андреевича Расплетина, присвоив его имя головному предприятию по разработке и производству систем зенитного управляемого ракетного оружия, улицам Москвы и Рыбинска.

Всем, кто интересуется историей радиолокации, развитием радиотехники в России, принципами построения современных систем ПВО и ПРО, а главное, судьбами людей, творивших основы мира на нашей планете, рекомендую прочитать эту книгу.

Огромная благодарность авторам труда, получившего национальную премию "Лучшие книги и издательства года — 2014" в номинации "Оборонно-промышленный комплекс". ■

Детекторный монитор СВ радиовещательного передатчика

С. КОМАРОВ, г. Москва

Этот монитор разработан для непрерывного контроля эфирного сигнала маломощного радиовещательного АМ-передатчика 200-метрового диапазона средних волн. Поскольку закон РФ "О средствах массовой информации" требует на каждой радиостанции иметь запись всех вышедших в эфир передач, то сигнал с этого монитора как раз и позволит сделать объективную запись того, что реально вышло в эфир. Помимо этого, монитор позволяет прослушивать эфирный сигнал передатчика, не нуждаясь в собственном источнике питания и "довольствуясь" энергией неизбежных наводок в ближней зоне передающей антенны. С помощью вольтметра этого прибора также можно настраивать передающие антенны, определяя максимум излучения.

Предлагаемый вниманию читателей монитор включается автоматически при появлении в эфире мощного АМ-сигнала и обеспечивает воспроизведение вещательной программы на динамическую головку при громкости, достаточной для длительного неутомляющего (фонового) контроля программы. В качестве приёмной антенны используются два полутораметровых отрезка провода, растянутых на расстоянии 2...3 м от передатчика. При его мощности 10 Вт с подключёнными заземлением и бесфидерной* проволочной антенной действующее напряжение на выходе монитора составляет 0,15...0,25 В в зависимости от глубины модуляции транслируемой программы, а напряжение выпрямленной несущей — около 1 В. При приближении монитора к передатчику неискажённый сигнал может достигать значений 1,5...5 В на сопротивлении нагрузки более 2 кОм. При контроле эфирного сигнала более мощных передатчиков к монитору можно вообще не подключать антенну и даже унести его в другую комнату.

** Полотно антенны начинается непосредственно от клеммы "Антенна" передатчика. Такие антенны используются почти со всеми переносными армейскими радиостанциями. Наиболее известная среди радиолюбителей бесфидерная антенна — Long Wire, которая подключается непосредственно к передатчику и требует хорошего заземления.*

Принцип работы. В классическом детекторном приёмнике после детектора выделяются две составляющие: переменная — продетектированный сигнал модуляции (огибающая), постоянная — результат детектирования несущей. Первая преобразуется в звук вещательной программы, а вторая не используется. Однако энергия, содержащаяся в постоянной составляющей, весьма велика: при средней глубине модуляции вещательного сигнала 30 % энергия несущей содержит в себе 90 % всей энергии АМ-сигнала. Поэтому возникла мысль использовать её для питания транзисторного усилителя, чем обеспечить монитору громкоговорящий приём [1], обойдясь без источника электропитания и тем самым обеспечив ему автоматическое включение.

Схема монитора изображена на **рис. 1**. Параллельный колебательный контур L1C1C2 имеет непосредственную связь с антенной и внешнеёмкостную через конденсатор С3 с двухполупериодным детектором, собранным по

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

схеме удвоения напряжения на германиевых диодах VD1 и VD2. Непосредственная связь антенны с контуром не приводит к ухудшению его добротности, поскольку приёмная антенна монитора в виде двух отрезков провода по 1,5...2 м в силу своей малой длины (менее 0,01λ) работает как небольшая ёмкость, и можно считать, что связь контура с антенной слабая внешнеёмкостная. Конденсатор C4 — разделительный, служит для защиты прибора от

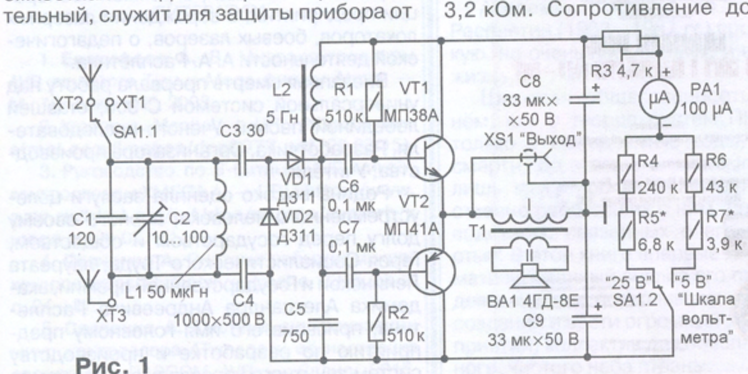


Рис. 1

случайного замыкания антенны, подключённой к зажиму XT3, на корпус, а также он изолирует антенные клеммы и колебательный контур от остальной части приёмника, чтобы предотвратить выход прибора из строя при случайной подаче напряжения на антенные клеммы относительно корпуса (скажем, упал провод антенны на шину 380 В). Блокировочный конденсатор C5 сглаживает пульсации РЧ-сигнала. Кроме того, его реактивное сопротивление на верхней частоте модулирующего сигнала (8 кГц) равно входному сопротивлению транзисторного каскада усиления тока, чем обеспечивается завал АЧХ на 3 дБ.

После детектора постоянная составляющая и продетектированный сигнал модуляции разделяются дросселем L2 и разделительными конденсаторами C6 и C7. Продетектированный НЧ-сигнал подаётся на базы комплементарных германиевых транзисторов VT1 и VT2, каждый из которых усиливает свою полуволну сигнала модуляции. Резисторы R1 и R2 задают транзисторам начальное смещение вблизи точки открывания, обеспечивая им работу в режиме AB, и совместно с активным сопротивлением дросселя L2 (R_{L2} = 1156 Ом) образуют систему коллекторной стабилизации начального тока. Постоянная составляющая с выхода детектора через дроссель L2 обеспечивает питание транзисторного усилителя. Оксидные конденсаторы C8 и C9 сглаживают пульсации постоянной составляющей и одновременно образуют для выходного двухтактного эмиттерного повторителя искусственную среднюю точку, обеспечивая для него симметричную схему подключения нагрузки в виде первичной обмотки выходного трансформатора T1, нагруженного низкоомной динамической головкой BA1. Эквивалентное сопротивление нагрузки, пересчитанное к эмиттерам транзисторов, составляет 1 кОм.

Для индикации относительного уровня выходной мощности передатчика (напряжённости электромагнитного поля) в приёмник встроен вольтметр, который измеряет напряжение постоянной составляющей на выходе детектора и имеет два предела измерения: 0...5 и 0...25 В. Первый соответствует фоновому (тихому) прослушиванию радиопередач, второй — целевому (громкому). Подстроечный резистор R3 компенсирует разброс сопротивления рамки микроамперметра, которое в сумме с R3 надо выставить равным 3,2 кОм. Сопротивление добавочных

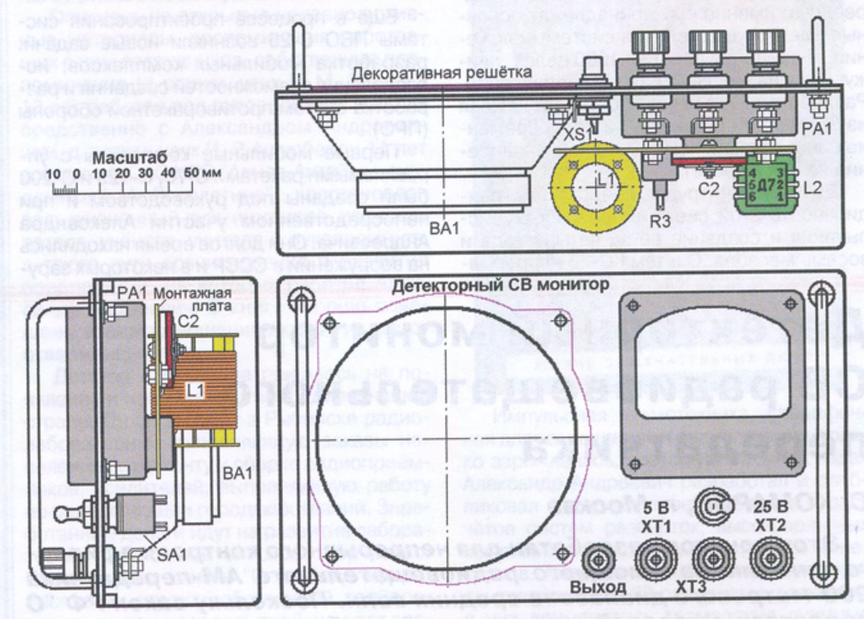


Рис. 2

резисторов должно быть следующим: R4 + R5 = 246,8 кОм, а R6 + R7 = 46,8 кОм. Для облегчения подбора они составлены из двух резисторов каждый. Если вольтметр монитора предполагается использовать не только для контроля работы передатчика, но и как самостоятельный прибор, сопротивление добавочных резисторов следует подобрать более точно.

Конструкция. Монитор собран в пластмассовом корпусе от абонентского громкоговорителя сети проводного вещания. На его передней панели установлены динамическая головка громкоговорителя BA1, микроамперметр PA1, переключатель антенн и шкалы вольтметра SA1, антенные клеммы XT1—XT3 и гнездо выхода XS1 (под штекер "тюльпан"). Подстроечный конденсатор C2 размещён внутри корпуса, на частоту передатчика контур настраивают им в процессе регулировки и в дальнейшем, при эксплуатации, не трогают. Также единожды при калибровке вольтметра по поверенному прибору пользуются подстроечным резистором R3. Детали прибора можно смонтировать как навесным монтажом, так и на плате, выбрав её размеры и форму по имеющемуся месту внутри корпуса.

Вариант конструкции и компоновки прибора в самодельном металлическом корпусе схематично представлен на **рис. 2** (для наглядности боковые и нижняя стенки корпуса условно изображены прозрачными, а некоторые детали и узлы, чтобы не затенять чертёж, показаны не на всех видах). Размеры корпуса в этом случае — 245×140×70 мм. При монтаже его необходимо соединить с точкой соединения конденсаторов C8 и C9. Толщина передней панели — не менее 3 мм, материал — алюминиевый сплав Д16Т. Размеры платы, на которой размещены детали прибора, — 105×75 мм, материал — стеклотекстолит толщиной 1,5 мм. Закрепляют её гайками на винтах-выводах микроамперметра. Катушка L1 намотана на каркасе КР35×44 [2]. Для улучшения качества звучания монитора всё свободное пространство внутри корпуса желательно заполнить минеральной ватой, а динамическую головку поместить в мешочек из хлопчатобумажной ткани. Размер, форму и число отверстий в декоративной решётке, а также её материал выбирает каждый по своему вкусу. Главное, чтобы она защищала диффузор головки от повреждений в процессе эксплуатации и не заглушала звук.

Детали. Конденсатор C1 — слюдяной КСО-1, СГМ или керамический КТК, КТ-2; C2 — подстроечный керамический КПК-2 или КПК-3; C3 — КТК, КТ-2, КД-2 с номинальным напряжением 500 В; C4 — КСО-2, КТК или КТ-2 с номинальным напряжением 500 В; C5 — КСО-1, КСО-2 или СГМ; C6, C7 — импортные

плёночные с номинальным напряжением 100 В; C8, C9 — оксидные импортные фирмы Jamicon с номинальным напряжением не менее 50 В. Постоянные резисторы — МЛТ или С2-23 указанной на схеме мощности рассеяния, R3 — подстроечный СПО-0,5 или СП3-9. Диоды Д311 (VD1, VD2), если возможно, желательно заменить более старыми Д2Е (при тех же частотных свойствах у них более высокое — 100 В — обратное напряжение, поэтому монитор можно будет без опасений использовать с более мощными передатчиками). Транзистор VT1 — МП35—МП38 или МП9—МП11 с любым буквенным индексом, VT2 — МП39—МП41 или МП13—МП15 также с любым буквенным индексом. При такой замене транзисторы необходимо подобрать с одинаковым значением статического коэффициента передачи тока базы $h_{21э}$ и обратного тока коллектора, а также заново подобрать резисторы R1 и R2 (в пределах 300...510 кОм). Следует учесть, что в описываемом мониторе будут хорошо работать только германиевые диоды и транзисторы. Чувствительность монитора на кремниевых полупроводниковых приборах будет гораздо хуже.

Катушка L1 в авторском варианте содержит 37 витков провода ПЭТВ 0,63, намотанных в один слой виток к витку на отрезке электроизоляционной ПВХ трубы диаметром 40 мм (при использовании каркаса КР35×44 число витков необходимо увеличить до 44). Дроссель L2 — унифицированный Д7-5-0,04 или Д15-10-0,05. При наличии подходящего магнитопровода дроссель индуктивностью 5...10 Гн (с учётом тока подмагничивания не более 25 мА) можно изготовить самостоятельно [3].

Если абонентский громкоговоритель, в корпусе которого собирают монитор, предназначался для работы в сети проводного вещания напряжением 30 или 36 В, то его динамическая головка и выходной трансформатор подойдут для монитора без переделки. Если же он был рассчитан на сеть напряжением 15 В, то первичную (I) обмотку трансформатора надо перемотать проводом в 1,4 раза более тонким (но не тоньше 0,1 мм), чем тот, которым была выполнена старая обмотка, увеличив число витков в 1,5 раза. Вторичную (II) обмотку следует перемотать тем же проводом и с тем же числом витков, что и до переделки.

При изготовлении монитора "с нуля" выходной трансформатор можно подобрать из унифицированных серии ТОТ. Например, для головки сопротивлением $R_г$ = 8 Ом подойдут трансформаторы с коэффициентом трансформации n = 0,09 (исполнений ТОТ61, ТОТ86, ТОТ118, ТОТ124, ТОТ148), а для головки сопротивлением $R_г$ = 4 Ом — с коэффициентом трансформации n = 0,063. Для головок с другими значениями сопротивления $R_г$ коэффициент трансформации n можно рассчитать по формуле $n = \sqrt{(R_г/1000)}$. Динамическую головку для монитора надо подобрать с возможно большей характеристической чувствительностью и с максимальным размером диффузора, который "вписывается" в имеющийся корпус. Идеально подходят четырёхомные 4ГДШ-1-4 (4ГД-8Е) и 5ГДШ-5-4 (4ГД-53).

Двухполюсный переключатель SA1 — микротумблер МТ-3, его можно заменить на ТП1-2. Микроамперметр PA1 — М4204, но подойдёт и любой другой подходящих размеров с током полного отклонения стрелки 100 мкА. Возможно применение прибора с током полного отклонения 200 или даже 300 мкА, но для этого придётся заново рассчитать сопротивление добавочных резисторов R4—R7. Чувствительность вольтметра с такой головкой будет меньше, поэтому антенны придётся расположить ближе к антенному выводу передатчика.

Работа с прибором. Как говорилось, к прибору надо подключить две антенны (к зажимам XT1 и XT3) в виде отрезков провода длиной 1,5...2 м каждый и растянуть их, как диполь, в противоположные стороны. Чем ближе находятся антенны монитора к антенному выводу передатчика, тем они могут быть короче. При длительной тихой (фоновой) громкости прослушивания программы ($U_{вых}$ = 0,3...1 В эфф.) измеренное вольтметром постоянное напряжение питания может быть в пределах 1,5...5 В. Если же необходимо громкое "целевое" прослушивание программы, то к клемме XT2 подключают антенну, расположенную ближе к передатчику и соответственно переключают вольтметр на предел "25 В". В этом случае напряжение на выходе усилителя может возрасти до 5 В эфф. Обращаю внимание читателей на то, что допускать увеличение сигнала на входе монитора до уровней, при которых стрелка микроамперметра на пределе "25 В" зашкаливает, не следует, так как это может негативно сказаться на диодах Д311, предельно допустимое обратное напряжение которых не превышает 30 В.

При использовании монитора в качестве источника для контрольной записи эфира его надо жёстко закрепить на полке или стене помещения, подобрать расположение и длину измерительной приёмной антенны (используют зажимы XT1 и XT3), чтобы при глубине модуляции 30 % выходное напряжение стало равным 0,775 В эфф. и жёстко зафиксировать положение антенны. При этом измеренное вольтметром напряжение постоянной составляющей должно быть около 4 В.

При использовании монитора как индикатора поля при настройке и согласовании передающей антенны непосредственно в точке её питания (иногда это приходится делать на крыше) его следует расположить дальше от антенны, но в прямой видимости шкалы вольтметра. Подав на передатчик тональный сигнал модуляции, в процессе согласования антенны грубо можно судить о настройке по громкости звучания, а точно — по показаниям вольтметра.

Монитор будет полезен и на СВ передающих радиоцентрах, где напряжённость электромагнитного поля в производственных помещениях может доходить до 5 В/м. Правда, для этого придётся перестроить его на диапазон 522...1440 кГц (перемотать катушку, увеличив её индуктивность до 200 мкГн — 96...100 витков провода ПЭТВ 0,4 на каркасе КР35×44), применить диоды Д2Е и транзисторы МП40А и МП37Б. Монитору в этом случае, вероятно, не потребуется антенна, а уменьшить его громкость можно шунтированием колебательного контура резистором сопротивлением несколько килоом, подключив его между клеммами XT1 и XT3 (или XT2 и XT3 в зависимости от напряжённости поля, мощности передатчика и места установки прибора).

Прибор можно использовать в качестве одночастотного измерителя напряжённости электромагнитного поля в ближних зонах передающих антенн и в помещениях передающих радиоцентров. В этом случае его необходимо выполнить в экранированном корпусе и изготовить откалиброванную жёсткую измерительную антенну. Соответственно придётся составить таблицу соответствия показаний прибора и значений напряжённости поля на обоих пределах измерений, составить инструкцию по проведению измерений и провести поверку прибора по промышленному измерителю.

И напоследок. Если в радиусе 50...100 км от вашего дома работают мощные средневолновые вещательные АМ-радиостанции, то подсоединив к клемме XT1 через конденсатор ёмкостью 56 пФ внешнюю антенну длиной 30...50 м, а к XT3 — заземление, вы сможете не только слушать их передачи на динамическую головку, но и контролировать напряжённость электромагнитного поля в точке приёма. Для такого применения шкалу "25 В" целесообразно заменить на "1 В" (сопротивление резисторов R6 + R7 = 6,8 кОм), а упомянутый конденсатор (56 пФ) перенести внутрь прибора и включить между клеммой XT2 и соответствующим ей контактом переключателя SA1.1

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поляков В. Т.** Техника радиоприема: простые приёмники АМ сигналов. — М.: ДМК Пресс, 2001.

2. **Комаров С.** Самодельные ребристые каркасы для катушек передатчика. — Радио, 2015, № 5, с. 32, 33.

3. **Комаров С.** Как изготовить дроссель фильтра выпрямителя. — Радио, 2011, № 5, с. 32, 33.

"Электронные трансформаторы" для галогенных ламп на 12 В

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

В статье описаны так называемые электронные трансформаторы, по сути, представляющие собой импульсные понижающие преобразователи для питания галогенных ламп, рассчитанных на напряжение 12 В. Предложены два варианта исполнения трансформаторов — на дискретных элементах и с применением специализированной микросхемы.

Галогенные лампы являются, по сути, более усовершенствованной модификацией обычной лампы накаливания. Принципиальное отличие заключается в добавлении в колбу лампы паров соединений галогенов, которые блокируют активное испарение металла с поверхности нити накала во время работы лампы. Это позволяет разогревать нить накала до более высоких температур, что даёт более высокую светоотдачу и более равномерный спектр излучения. Помимо этого, увеличивается срок службы лампы. Эти и другие особенности делают галогенную лампу весьма привлекательной для домашнего освещения, и не только. Промышленно выпускается широкий ассортимент галогенных ламп различной мощности на напряжение 230 и 12 В. Лампы с напряжением питания 12 В обладают лучшими техническими характеристиками и большим ресурсом по сравнению с лампами на 230 В, не говоря уже об электробезопасности. Для питания таких ламп от сети 230 В необходимо уменьшить напряжение. Можно, конечно, применить обычный сетевой понижающий трансформатор, но это дорого и нецелесообразно. Оптимальный выход — использовать понижающий преобразователь 230 В/12 В, часто называемый в таких случаях электронным трансформатором или галогенным конвертором (halogen convertor). О двух вариантах таких устройств и пойдёт речь в этой статье, оба рассчитаны на мощность нагрузки 20...105 Вт.

Один из наиболее простых и распространённых вариантов схемных решений для понижающих электронных трансформаторов — это полумостовой преобразователь с положительной обратной связью по току, схема которого приведена на **рис. 1**. При подключении устройства к сети конденсаторы С3 и С4 быстро заряжаются до амплитудного напряжения сети, формируя половинное напряжение в точке соединения. Цепь R5C2VS1 формирует запускающий импульс. Как только напряжение на конденсаторе С2 достигнет порога открывания динистора VS1 (24...32 В), он откроется и к базе транзистора VT2 будет приложено прямое напряжение смещения. Этот транзистор откроется, и ток потечёт по цепи: общая точка конденсаторов С3 и С4, первичная обмотка трансформатора Т2, обмотка III трансформатора Т1, участок коллектор—эмиттер транзистора VT2, минусовый вывод диодного моста VD1. На обмотке II трансформатора Т1 появится напряжение, поддерживающее транзистор VT2 в открытом состоянии, при этом к базе транзистора VT1 будет приложено обратное напряжение от обмотки I (обмотки I и II включены противофазно). Протекающий через обмотку III трансформатора Т1 ток быстро введёт его в состояние насыщения. Вследствие этого напряжение на обмотках I и II Т1 устремится к нулю. Транзистор VT2 начнёт закрываться. Когда он почти полностью закроется, трансформатор станет выходить из насыщения.

Закрывание транзистора VT2 и выход из насыщения трансформатора Т1 приведут к изменению направления ЭДС и росту напряжения на обмотках I и II. Теперь к базе транзистора VT1 будет приложено прямое напряжение, а к базе VT2 — обратное. Транзистор VT1 начнёт открываться. Ток потечёт по цепи: плюсовой вывод диодного моста VD1, участок коллектор—эмиттер VT1, обмотка III Т1, первичная обмотка трансформатора Т2, общая точка конденсаторов С3 и С4. Далее процесс повторяется, а в нагрузке формируется вторая полуволна напряжения. После запуска диод VD4 поддерживает в разряженном состоянии конденсатор С2. Поскольку в преобразователе не используется сглаживающий оксидный конденсатор (в нём нет необходимости при работе на лампу накаливания, даже, наоборот, его присутствие ухудшает коэффициент мощности устройства), то по окончании полупериода выпрямленного напряжения сети генерация прекратится. С приходом следующего полупериода генератор запустится снова. В результате работы электронного трансформатора на его выходе формируются близкие по

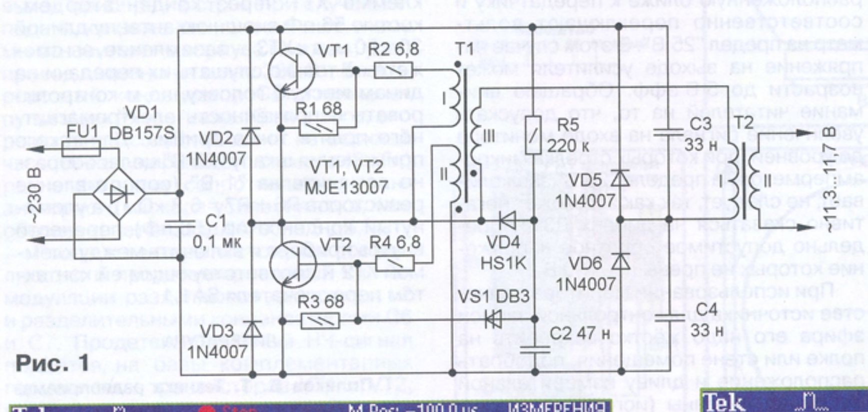


Рис. 1

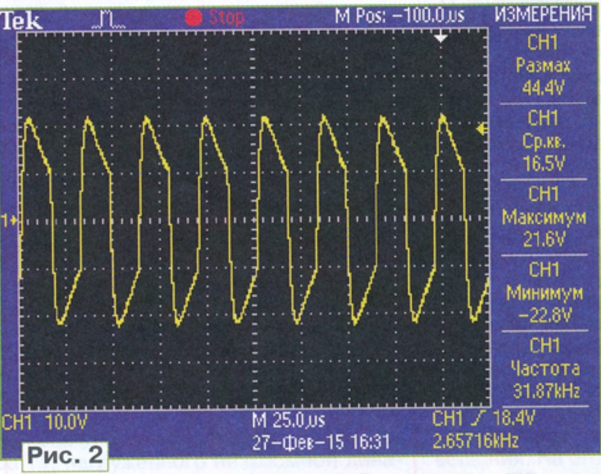
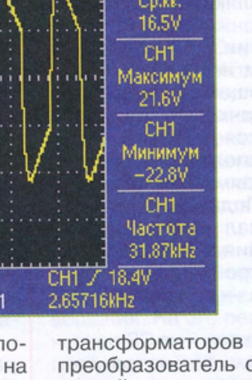



Рис. 2

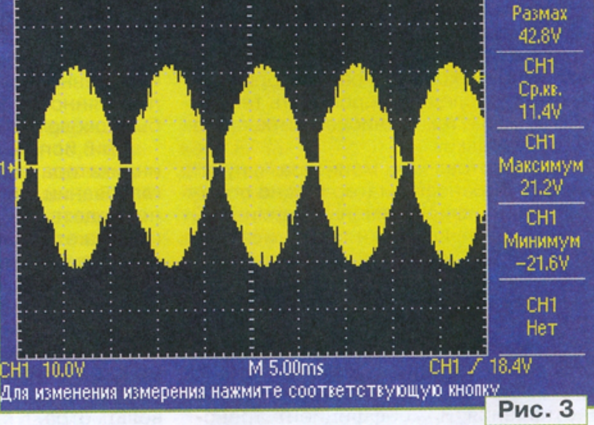


Рис. 3

форме к синусоидальным колебания частотой 30...35 кГц (**рис. 2**), следующие пачками с частотой 100 Гц (**рис. 3**).

Важная особенность подобного преобразователя — он не запустится без нагрузки, поскольку при этом ток через обмотку III T1 будет слишком мал, и трансформатор не войдёт в насыщение, процесс автогенерации сорвётся. Эта особенность делает ненужной защиту от режима холостого хода. Устройство с указанными на рис. 1 номиналами стабильно запускается при мощности нагрузки от 20 Вт.

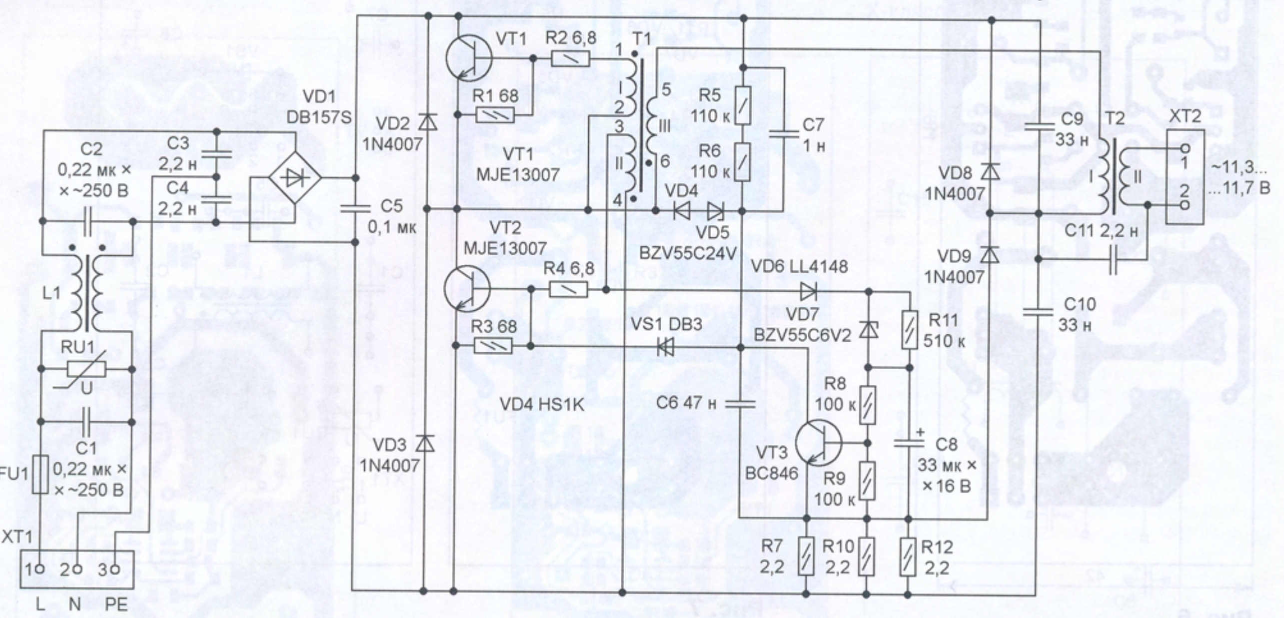


Рис. 4

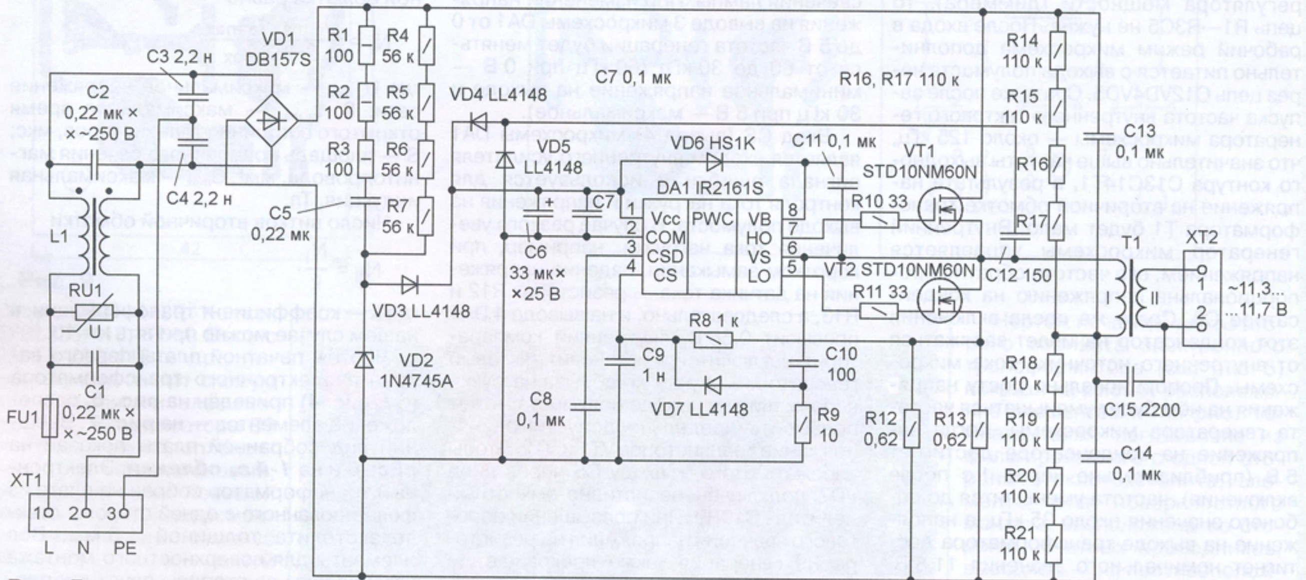


Рис. 5

На **рис. 4** приведена схема усовершенствованного электронного трансформатора, в который добавлены помехоподавляющий фильтр и узел защиты от короткого замыкания в нагрузке. Узел защиты собран на транзисторе VT3, диоде VD6, стабилитроне VD7, конденсаторе C8 и резисторах R7—R12. Резкое увеличение тока нагрузки приведёт к увеличению напряжения на обмотках I и II трансформатора T1 с 3...5 В в номинальном режиме до 9...10 В в режиме короткого замыкания. В результате на базе транзистора VT3 появится напряжение смещения 0,6 В. Транзистор откроется и зашунтирует конденсатор цепи запуска C6. В результате со следующим полупериодом выпрямленного напряжения генератор не запустится. Конденсатор C8 обеспечивает задержку отключения защиты около 0,5 с.

Второй вариант электронного понижающего трансформатора показан на **рис. 5**. Он более прост в повторении, поскольку в нём нет одного трансформатора, при этом более функционален. Это тоже полумостовой преобразователь, но под управлением специализированной микросхемы IR2161S. В микросхему встроены все необходимые защитные функции: от пониженного и повышенного напряжения сети, от режима холостого хода и короткого замыкания в нагрузке, от перегрева. Также IR2161S обладает функцией мягкого старта, который заключается в плавном нарастании напряжения на выходе при включении от 0 до 11,8 В в течение 1 с. Это исключает резкий бросок тока через холодную нить лампы, что значительно, иногда в несколько раз, повышает срок её службы.

В первый момент, а также с приходом каждого последующего полупериода выпрямленного напряжения питание микросхемы осуществляется через диод VD3 от параметрического стабилизатора на стабилитроне VD2. Если питание осуществляется напрямую от сети

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

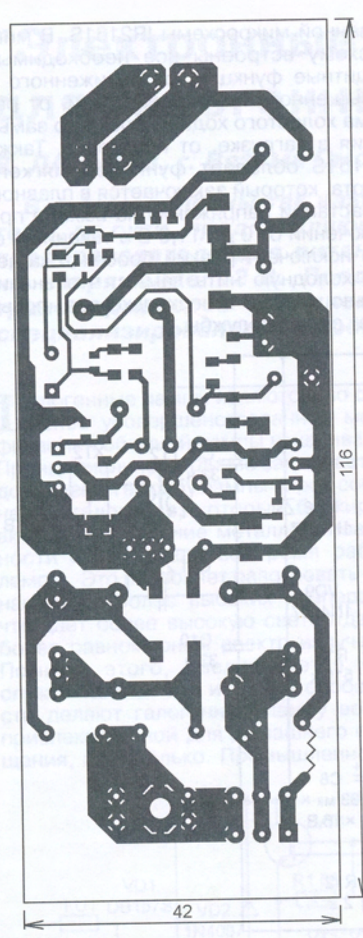


Рис. 6

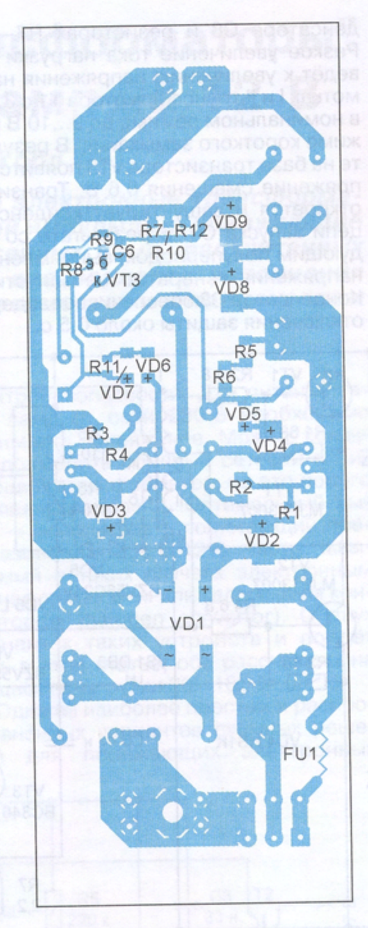
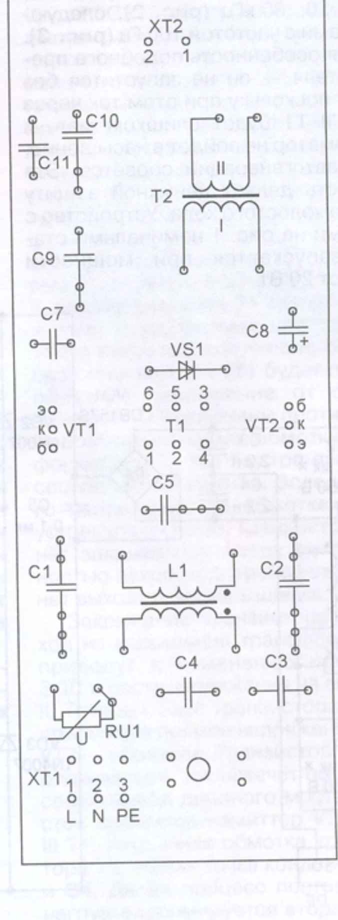


Рис. 7



230 В без использования фазового регулятора мощности (диммера), то цепь R1—R3C5 не нужна. После входа в рабочий режим микросхема дополнительно питается с выхода полумоста через цепь C12VD4VD5. Сразу же после запуска частота внутреннего тактового генератора микросхемы — около 125 кГц, что значительно выше частоты выходного контура C13C14T1, в результате напряжение на вторичной обмотке трансформатора T1 будет мало. Внутренний генератор микросхемы управляется напряжением, его частота обратно пропорциональна напряжению на конденсаторе C8. Сразу же после включения этот конденсатор начинает заряжаться от внутреннего источника тока микросхемы. Пропорционально росту напряжения на нём будет уменьшаться частота генератора микросхемы. Когда напряжение на конденсаторе достигнет 5 В (приблизительно через 1 с после включения), частота уменьшится до рабочего значения около 35 кГц, а напряжение на выходе трансформатора достигнет номинального значения 11,8 В. Так реализован мягкий старт, после его завершения микросхема DA1 переходит в рабочий режим, в котором вывод 3 DA1 можно использовать для управления выходной мощностью. Если параллельно конденсатору C8 подключить переменный резистор сопротивлением 100 кОм, можно, изменяя напряжение на выводе 3 DA1, управлять выходным напряжением и регулировать яркость свечения лампы. При изменении напряжения на выводе 3 микросхемы DA1 от 0 до 5 В частота генерации будет меняться от 60 до 30 кГц (60 кГц при 0 В — минимальное напряжение на выходе и 30 кГц при 5 В — максимальное).

Вход CS (вывод 4) микросхемы DA1 является входом внутреннего усилителя сигнала ошибки и используется для контроля тока нагрузки и напряжения на выходе полумоста. В случае резкого увеличения тока нагрузки, например, при коротком замыкании, падение напряжения на датчике тока — резисторах R12 и R13, а следовательно, и на выводе 4 DA1 превысит 0,56 В, внутренний компаратор переключится и остановит тактовый генератор. В случае же обрыва нагрузки напряжение на выходе полумоста может превысить предельно допустимое напряжение транзисторов VT1 и VT2. Чтобы избежать этого, к входу CS через диод VD7 подключён резистивно-ёмкостный делитель C10R9. При превышении порогового значения напряжения на резисторе R9 генерация также прекращается. Более подробно режимы работы микросхемы IR2161S рассмотрены в [1].

Рассчитать число витков обмоток выходного трансформатора для обоих вариантов можно, например, с помощью простой методики расчёта [2], выбрать подходящий магнитопровод по габаритной мощности можно с помощью каталога [3].

Согласно [2], число витков первичной обмотки равно

$$N_I = \frac{U_{c\,max} \cdot t_{o\,max}}{2 \cdot S \cdot B_{max}},$$

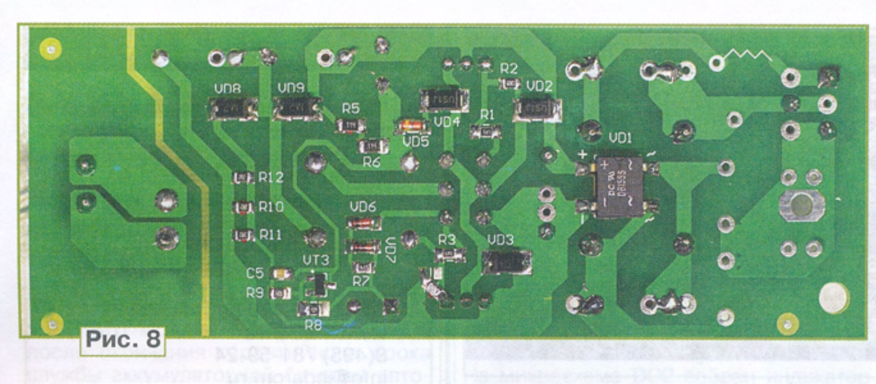
где $U_{c\,max}$ — максимальное напряжение сети, В; $t_{o\,max}$ — максимальное время открытого состояния транзисторов, мкс; S — площадь поперечного сечения магнитопровода, мм^2; B_{max} — максимальная индукция, Тл.

Число витков вторичной обмотки

$$N_{II} = \frac{N_I}{k},$$

где k — коэффициент трансформации, в нашем случае можно принять k = 10.

Чертёж печатной платы первого варианта электронного трансформатора (см. рис. 4) приведён на **рис. 6**, расположение элементов — на **рис. 7**. Внешний вид собранной платы показан на **рис. 8** и на ***1-й с. обложки***. Электронный трансформатор собран на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Все элементы для поверхностного монтажа установлены со стороны печатных проводников, выводные — на противоположной стороне платы. Большинство деталей (транзисторы VT1, VT2, трансформатор T1, динистор VS1, конденсаторы C1—C5, C9, C10) подойдут от массовых дешёвых электронных балластов для люминесцентных ламп типа T8, например, Tridonic PC4x18 T8, Fintar 236/418,


Рис. 8

зазора, материал N27. Его первичная обмотка содержит 76 витков провода 5×0,2 мм. Вторичная обмотка содержит восемь витков литцендрата 100×0,08 мм. Индуктивность первичной обмотки равна 12 ±10 % мГн. Дроссель помехоподавляющего фильтра L1 намотан на магнитопроводе E19/8/5, материал N30, каждая обмотка содержит по 130 витков провода диаметром 0,25 мм. Можно применить подходящий по габаритам стандартный двухобмоточный дроссель индуктивностью 30...40 мГн. Конденсаторы C1, C2 желательно применить X-класса.

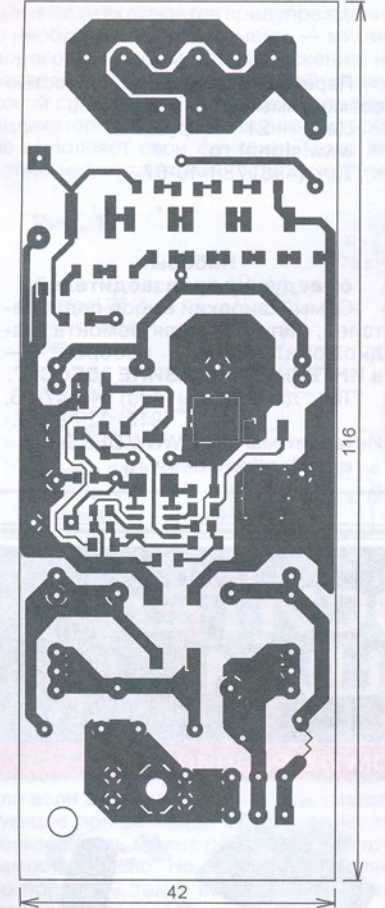


Рис. 9

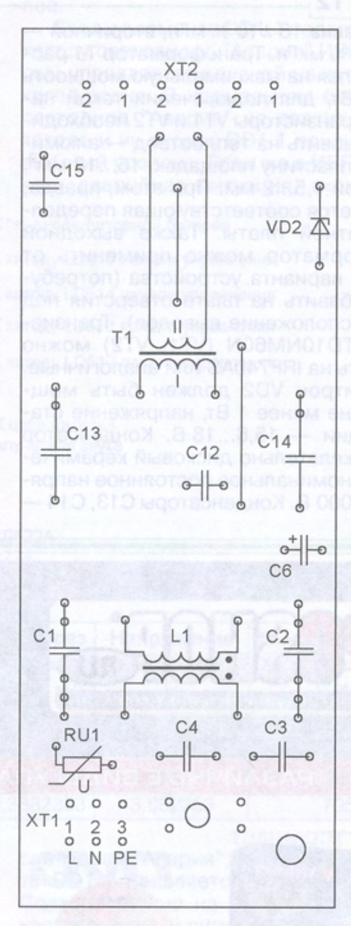
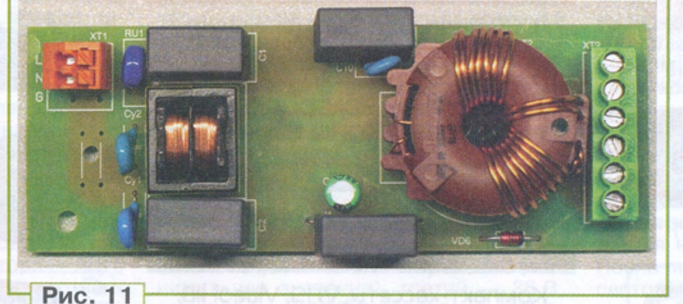


Рис. 10


Рис. 11

Cimex CSVT 418P, Komtex EFBL236/418, TDM Electric EB-T8-236/418 и др., поскольку они имеют схожую схемотехнику и элементную базу. Конденсаторы C9 и C10 — металлоплёночные полипропиленовые, рассчитанные на большой импульсный ток и переменное напряжение не менее 400 В. Диод VD4 — любой быстродействующий с допустимым обратным напряжением не менее 150 В. Трансформатор T1 намотан на кольцевом магнитопроводе с магнитной проницаемостью 2300 ±15 %, его внешний диаметр — 10,2 мм, внутренний диаметр — 5,6 мм, толщина — 5,3 мм. Обмотка III (5—6) содержит один виток, обмотки I (1—2) и II (3—4) — по три витка провода диаметром 0,3 мм. Индуктивность обмоток 1—2 и 3—4 должна быть 10...15 мкГн. Выходной трансформатор T2 намотан на магнитопроводе EV25/13/13 (Epcos) без немагнитного

Чертёж печатной платы второго варианта электронного трансформатора (см. рис. 5) показан на **рис. 9**, расположение элементов — на **рис. 10**. Плата также изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, элементы для поверхностного монтажа расположены со стороны печатных проводников, выводные — на противоположной стороне. Внешний вид готового устройства приведён на **рис. 11** и **рис. 12**. Выходной трансформатор T1 намотан на кольцевом магнитопроводе R29.5 (Epcos), материал N87. Первичная обмотка содержит 81 виток провода диаметром 0,6 мм, вторичная — 8 витков провода 3×1 мм. Индуктивность первичной об-

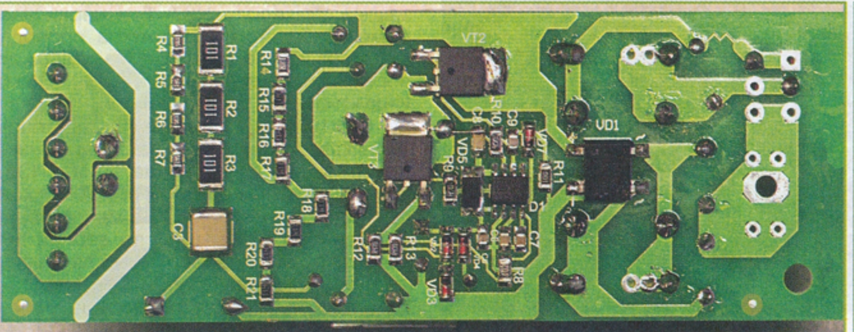


Рис. 12

мотки равна 18 ±10 % мГн, вторичной — 200 ±10 % мкГн. Трансформатор Т1 рассчитывался на максимальную мощность до 150 Вт, для подключения такой нагрузки транзисторы VT1 и VT2 необходимо установить на теплоотвод — алюминиевую пластину площадью 16...18 мм^2, толщиной 1,5...2 мм. При этом, правда, потребуется соответствующая переделка печатной платы. Также выходной трансформатор можно применить от первого варианта устройства (потребуется добавить на плате отверстия под иное расположение выводов). Транзисторы STD10NM60N (VT1, VT2) можно заменить на IRF740AS или аналогичные. Стабилитрон VD2 должен быть мощностью не менее 1 Вт, напряжение стабилизации — 15,6...18 В. Конденсатор С12 — желательно дисковый керамический на номинальное постоянное напряжение 1000 В. Конденсаторы С13, С14 — металлоплёночные полипропиленовые, рассчитанные на большой импульсный ток и переменное напряжение не менее 400 В. Каждую из резистивных цепей R4—R7, R14—R17, R18—R21 можно заменить одним выводным резистором соответствующих сопротивления и мощности, но при этом потребуется изменить печатную плату.

ЛИТЕРАТУРА

1. IR2161(S) & (PbF). Halogen convertor control IC. — URL: **http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2161.pdf** (24.04.15).
2. **Peter Green**. 100VA dimmable electronic convertor for low voltage lighting. — URL: **http://www.irf.com/technical-info/refdesigns/irplhalo1e.pdf** (24.04.15).
3. Ferrites and Accessories. — URL: **http://en.tdk.eu/tdk-en/180386/tech-library/epcos-publications/ferrites** (24.04.15).

Индикатор напряжения аккумуляторной батареи ИБП

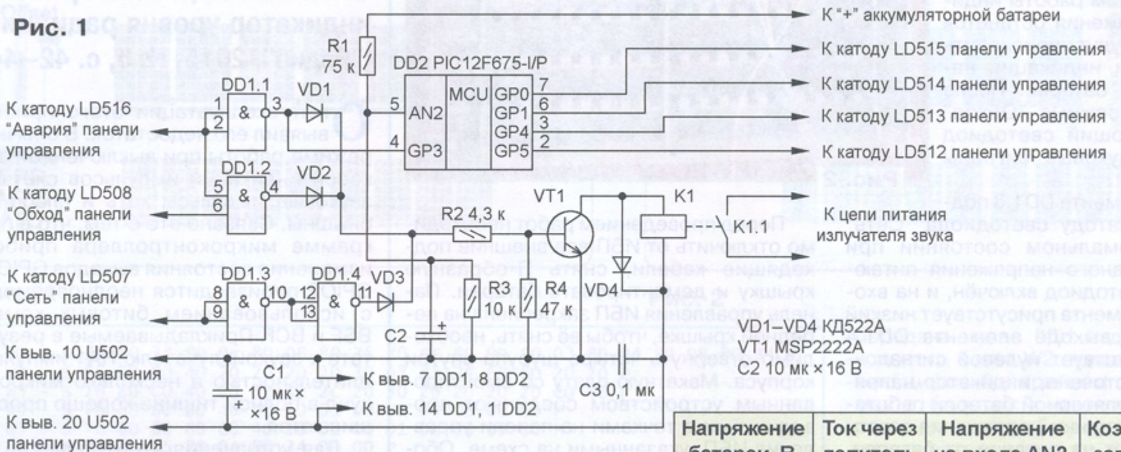
М. ТКАЧУК, г. Алматы, Казахстан

Автор предлагает в источнике бесперебойного питания Masterguard A1000 установить микроконтроллерный индикатор напряжения аккумуляторной батареи.

В источнике бесперебойного питания (ИБП) модели Masterguard A1000 после окончания гарантийного срока службы аккумуляторной батареи автоматически включается предупреждение о необходимости её замены — мигает пороговый индикатор напряжения на батарее и периодически раздаётся звуковой сигнал. В таком режиме штатный индикатор уровня напряжения батареи не выполняет свои функции. Такое явление наблюдается и после самостоятельной замены аккумуляторных батарей на новые. Конечно же это можно устранить, обратившись в сервисный центр, где проведут замену батарей и сбросят предупреждающие сигналы, или если в наличии имеется соответствующее программное обеспечение, то пользователь может проделать всё это самостоятельно. Но если по каким-либо причинам таких возможностей нет, можно воспользоваться описанным ниже способом.

Для решения поставленной задачи предлагается устройство, представляющее собой ступенчатый индикатор напряжения на аккумуляторной батарее и логический анализатор режима работы ИБП. Устройство позволяет восстановить функцию индикации напряжения на батарее и подачу звуковых сигналов с минимальным вмешательством в конструкцию ИБП. Индикатор напряжения собран на МК PIC12F675-I/P, в его составе имеется всё необходимое для организации такого индикатора — АЦП, выходы, позволяющие непосредственно управлять светодиодами, и возможность работы от внутреннего тактового генератора. Анализатор режима работы ИБП выполнен на логических элементах микросхемы К561ЛА7 и отвечает за подачу предупреждающих звуковых сигналов.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Питание +5 В устройство получает непосредственно от платы управления ИБП. На микросхеме DD2 собран индикатор уровня напряжения на аккумуляторной батарее. На резисторах R1 и R3 выполнен делитель входного напряжения, снимаемого с аккумуляторной батареи, которая состоит из трёх последовательно соединённых батарей с номинальным напряжением 12 В и ёмкостью 7,2 А·ч. С помощью этого делителя напряжение на аккумуляторной батарее (36 В) приводится в соответствие с допустимыми значениями для МК. Вывод 5 микроконтроллера DD2 программно сконфигурирован как вход АЦП, а выводы 2, 3, 6 и 7 — как выходы. К последним подключены светодиоды порогового индикатора напряжения, которые вместе с гасящими резисторами установлены на плате управления ИБП и оформлены в виде столба из пяти индикаторов на передней панели управления.



Из-за отсутствия необходимого числа выводов у применённого МК один светодиод не используется, он светит постоянно — его катод подключён к минусовой линии устройства. Остальные светодиоды включаются в зависимости от напряжения на верхнем по схеме выводе резистора R1. Так, второй светодиод включается при достижении напряжения на батарее 33 В (минимальное значение), третий — 36 В, четвёртый — 37,8 В, пятый — 41,4 В. Последнее значение соответствует состоянию полной зарядки каждой батареи (3×13,8 = 41,4 В). Таким образом, светящийся столбик из пяти светодиодов индикатора напряжения позволяет считать, что аккумуляторная батарея ИБП находится в заряженном состоянии. Расчёт коэффициентов, заносимых в память МК, приведён в **таблице**. В ней принято, что напряжение одной полностью заряженной батареи 13,8 В, полностью разряженной — 11 В, промежуточные значения выбраны произвольно. Коэффициенты рассчитаны из условия, что входному напряжению АЦП МК 5 В соответствует значение 1024.

Напряжение батареи, В		Ток через делитель R1R3, мА	Напряжение на входе AN2, В	Коэффициенты, записываемые в МК
одной	всех			
13,8	41,4	0,4870588	4,870588	997
12,6	37,8	0,4447059	4,447059	911
12	36	0,4235294	4,235294	867
11	33	0,3882353	3,882353	795

Как указывалось выше, на логических элементах микросхемы DD1 собран анализатор режима работы ИБП, он отвечает за подачу звуковых сигналов.

Входы элемента DD1.1 подключены к катоду светодиода "Авария" ИБП, который управляется подачей на катод низкого уровня. В нормальном состоянии светодиод "Авария" не светит, на его катоде и на входах DD1.1 присутствует высокий уровень. Если же в ИБП возникает аварийная ситуация, включается светодиод "Авария", на входах элемента DD1.1 появляется низкий уровень. Соответственно на его выходе возникает единичный сигнал, который поступает на вход GP3 DD2 и переводит все четыре светодиода, подключённые к выходам МК, в мигающий режим. Светодиоды измерителя напряжения с периодом в половину секунды включаются и гаснут. Этот же единичный сигнал проходит через открытый диод VD1 и ограничительный резистор R2 на базу транзистора VT1 и открывает его, что приведёт к срабатыванию реле K1. Его замкнувшиеся контакты подают питание на звуковой излучатель ИБП — раздаётся непрерывный звуковой сигнал. После ликвидации аварийной ситуации светодиод "Авария" выключится. Индикатор напряжения на МК DD2 вернётся в режим измерения напряжения на батарее ИБП, реле K1 разомкнёт цепь питания звукового излучателя. Если в нормальном состоянии ИБП эту цепь не размыкать, звуковой излучатель будет выдавать периодические сигналы.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

Нижний по схеме вход элемента DD1.2 подключён к катоду светодиода "Обход" (Bypass), он тоже управляется подачей низкого уровня. В нормальном состоянии светодиод "Обход" также не светит, на его катоде и на выводе 6 элемента DD1.2 присутствует высокий уровень. На верхнем по схеме входе DD1.2 также присутствует единичный сигнал, следовательно, на его выходе установится низкий уровень. Если же включить режим "Обход", на выводе 6 элемента DD1.2 высокий уровень сменится низким, а на его выходе появится высокий уровень, который, как и в первом случае, приведёт к срабатыванию реле K1 и подключению звукового излучателя ИБП. Излучатель станет издавать звуковые сигналы, режим работы индикатора напряжения останется прежним — будут происходить измерение и индикация напряжения на батарее. После отключения режима "Обход" соответствующий светодиод погаснет, звуковые сигналы прекратятся.

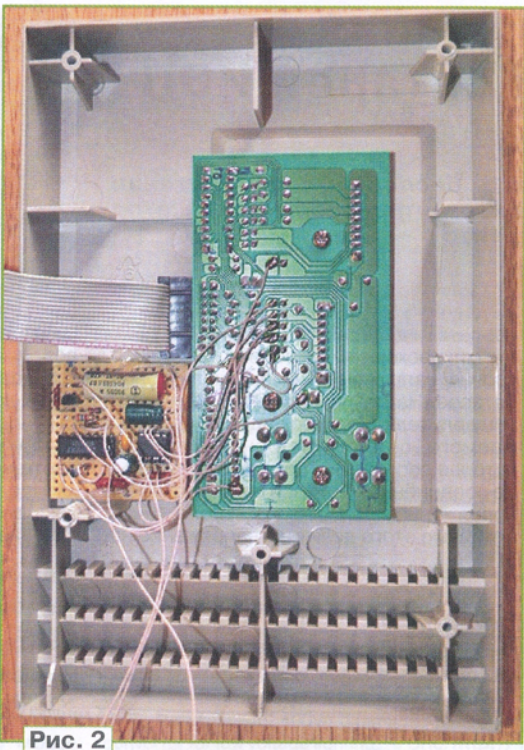


Рис. 2

Входы элемента DD1.3 подключены к катоду светодиода "Сеть" ИБП. В нормальном состоянии при наличии входного напряжения питающей сети светодиод включён, и на входах этого элемента присутствует низкий уровень. На выходе элемента DD1.4 также присутствует нулевой сигнал — реле K1 обесточено, индикатор напряжения аккумуляторной батареи работает. При пропадании напряжения в сети ИБП перейдёт на питание от батареи, светодиод "Сеть" погаснет. На выходе элемента DD1.4 появится единичный сигнал, который включит реле K1 и через замкнутые контакты подаст питание на звуковой излучатель, — включится звуковой сигнал. Индикатор будет показывать уровень напряжения на батарее ИБП. После появления сетевого напряжения ИБП перейдёт на питание от электросети, включатся режим зарядки батарей и светодиод "Сеть". Реле K1 отключится. Индикатор напряжения будет показывать уровень напряжения на батарее в режиме зарядки.

Индикатор напряжения аккумуляторной батареи с цепями анализатора режима работы ИБП смонтирован на макетной плате размерами 43×43 мм. В устройстве применено реле РЭС55А паспорт РС4.569.607. Микроконтроллер PIC12F675-I/P работает под управлением программы, записанной в его энергонезависимую память. Программа разработана и откомпилирована в среде "MikroBasic PRO for PIC V3.2", последнюю версию которой можно скачать с сайта **www.mikroe.com** и воспользоваться демо-лицензией, поскольку программный код не превышает 2 кбайт.

В качестве недостатка предлагаемого устройства следует отметить отсутствие звукового сигнала после включения режима тестирования состояния аккумуляторных батарей ИБП.

Перед проведением работ необходимо отключить от ИБП все внешние подходящие кабели, снять П-образную крышку и демонтировать батареи. Панель управления ИБП закреплена на передней крышке, чтобы её снять, необходимо отвернуть четыре шурупа внутри корпуса. Макетную плату со смонтированным устройством соединяют проводниками с точками на панели управления ИБП, указанными на схеме. Обозначения на схеме соответствуют надписям на панели управления ИБП со стороны деталей. Все проводники, показанные слева на схеме, припаивают к указанным точкам. А вот проводники, показанные на схеме справа, имеют особенности в точках подключения. После подключения выходов МК к точкам панели управления ИБП необходимо перерезать печатные проводники, идущие от этих точек. Также можно соединить катод светодиода LD511 с выводом 10 микросхемы U502. Если же этого соединения не делать, светодиод LD511 (нижний в индикаторе напряжения батареи) будет постоянно мигать. После выполнения вышеописанных соединений панель управления закрепляют на своё место в переднюю крышку, а плату устройства закрепляют рядом, в свободной секции, с помощью термоклея. Внешний вид получившейся конструкции показан на **рис. 2**.

Затем контакты реле подключают последовательно со звуковым излучателем, расположенным на верхней продолговатой плате ИБП. Для этого аккуратно перерезают печатный проводник сверху платы между конденсатором C35 и звуковым излучателем BZ1, а провода от реле подпаивают снизу платы к плюсовому выводу конденсатора C35 и выводу звукового излучателя, ближнему к C35. Остаётся подключить проводник, идущий от делителя R1R3 устройства к плюсовому выводу аккумуляторной батареи ИБП. Сделать это можно в точке подключения плюсового вывода батареи к основной плате у предохранителя на 30 А. Для этого проводник от устройства очищают от изоляции на расстоянии 10 мм и зажимают в разъём плюсового кабеля от батареи (красный провод). Затем устанавливают на место переднюю крышку, устанавливают и соединяют батареи, закрывают П-образную крышку — ИБП готов к работе.

От редакции. Программа и прошивка микроконтроллера имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/meter_bat.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

С. МАКАРЕЦ. "Измеритель-индикатор уровня радиации" ("Радио", 2015, № 5, с. 42—44).

Опыт эксплуатации этого прибора выявил его недостаток. В обычном режиме работы при выключенной звуковой индикации импульсов счётчика звуковые импульсы хоть и слабо, но слышны. Связано это с тем, что в программе микроконтроллера прибора изменение состояния выходов GPIO1 и GPIO2 производится неодновременно с использованием битовых команд BSF и BCF. Прикладываемые в результате к звукоизлучателю HA1 импульсы длительностью в несколько микросекунд в полной тишине хорошо прослушиваются.

Для устранения этого дефекта битовые операции заменены регистровыми XORWF GPIO,1 (ANDWF GPIO,1)/, изменяющими состояние разрядов порта одновременно. Внесены также изменения в алгоритм генерации сигнала тревоги. Сигнал стал более звонким и теперь состоит из пяти звуковых импульсов разной частоты. Доработанная программа называется IND_MOD.

Кроме того, параллельно красному светодиоду HL2 предлагается подключить ещё один зелёного цвета свечения, но в противоположной полярности. Его выводы припаивают непосредственно к выводам светодиода HL2. Благодаря внесённым в программу изменениям при индикации числа прогнозируемых суток работы аккумулятора G1 вспыхивает зелёный светодиод, при регистрации импульсов — красный, а при сигнализации превышения — оба светодиода. Программа, обеспечивающая как устранение паразитных звуковых сигналов, так и работу дополнительного светодиода, называется IND_LED.

От редакции. Доработанные программы микроконтроллера находятся по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/ind_rad.zip*** *на нашем ftp-сервере вместе с её исходным вариантом.*

Часы-календарь-термометр на PIC16F628A и ЖКИ M269

А. АБАКУМОВ, Ю. КУЗИН, г. Тула

Авторы исследовали ЖКИ, снятый с неисправной платы промышленного электронного прибора, и применили его в часах собственной разработки.

В наше распоряжение попали несколько списанных электронных плат, входивших в состав импортных приборов, предназначенных для управления технологическими процессами. На платах имелись ЖКИ M269 фирмы Clover Display Ltd. Такие ЖКИ имеют значительную площадь экрана, отображают большое число символов, надписей и мнемоник и всего четыре внешних вывода. Захотелось попробовать применить эти ЖКИ в радиолюбительской практике.

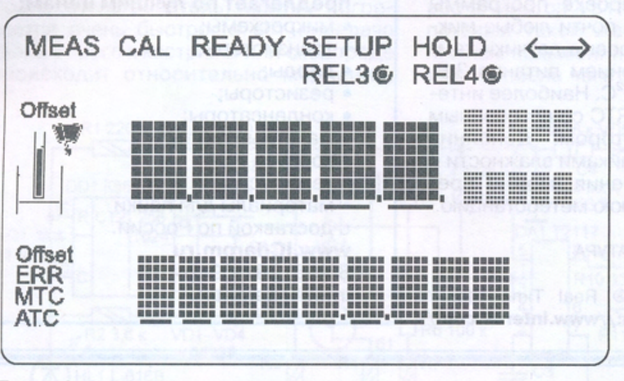


Рис. 1

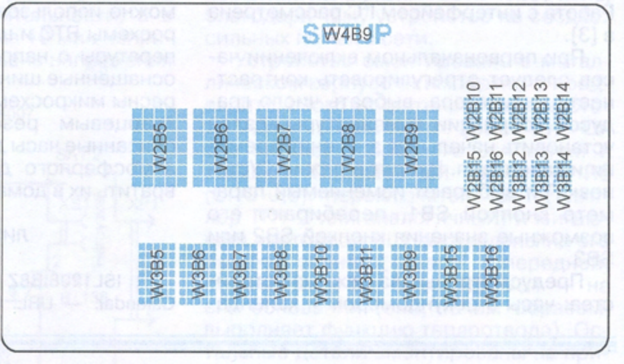
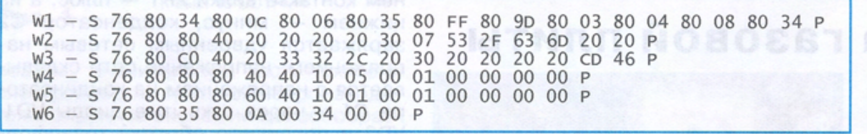


Рис. 2



```
W1 – S 76 80 34 80 0C 80 06 80 35 80 FF 80 9D 80 03 80 04 80 08 80 34 P
W2 – S 76 80 80 40 20 20 20 20 30 07 53 2F 63 6D 20 20 P
W3 – S 76 80 C0 40 20 33 32 2C 20 30 20 20 20 20 CD 46 P
W4 – S 76 80 80 80 40 40 10 05 00 01 00 00 00 00 P
W5 – S 76 80 80 80 60 40 10 01 00 01 00 00 00 00 P
W6 – S 76 80 35 80 0A 00 34 00 00 P
```

Поиск описания ЖКИ этого типа в Интернете ничего не дал, запрос на фирму-изготовитель привёл лишь к отписке о частной собственности на запрашиваемую информацию. Поэтому пришлось действовать самостоятельно. Выводы питания ЖКИ удалось найти, подав напряжение 3 В на соответствующие выводы микроконтроллера, установленного на той же плате. После этого прошёл начальный тест индикатора, и на его экране появилось изображение, показанное на **рис. 1**.

В центре экрана — пять знакомест 7×5 пкс для больших семиэлементных символов с десятичными запятыми (точками) и подчёркиванием. Внизу — девять аналогичных знакомест для символов среднего размера с подчёркиванием и только двумя запятыми. Справа — две строки по пять знакомест для маленьких символов.

Всё управление ЖКИ происходит по двум проводам, что навело на мысль о шине I^2C. Подтвердить это помог двухканальный запоминающий осциллограф. С его помощью информация, посылаемая микроконтроллером в индикатор, была расшифрована. Она состоит из шести кодовых слов W1—W6, приведённых в **таблице**. Каждое слово, согласно протоколу I^2C, начинается с условия "Старт" (S) и заканчивается условием "Стоп" (P). Эта группа слов записывается в индикатор по несколько раз в секунду. При их отсутствии индикатор отображает ранее введённую информацию до отключения питания.

Анализ кодовых слов привёл к выводу, что W1 отвечает за инициализацию и контрастность ЖКИ, W2 — за отображение пяти больших и семи малых символов, W3 — за отображение девяти средних и трёх малых символов, W4 и W5 — за включение и фазу мигания мнемонических символов, надписей, отображение десятичных запятых и подчёркивание больших и средних символов. Кодовое слово W6 несёт служебную информацию и на экране ЖКИ не отображается.

Методом проб и ошибок удалось выяснить соответствие байтов кодовых слов знакоместам экрана ЖКИ и содержимое знакогенератора индикатора. На **рис. 2** для каждого из символьных знакомест указаны номера кодового слова (Wx) и байта в нём (By), Например, передача числа 30Н в девятом байте кодового слова W2 приведёт к появлению цифры 0 в крайнем правом знакоместе больших символов. Знакогенератор для цифр и букв латинского алфавита оказался таким же, как у индикаторов с контроллером HD44780. Русские буквы отсутствуют. Мнемонические символы и надписи (кроме слова "SETUP") использовать не планировалось.

Элементная база для разработанных часов, схема которых показана на **рис. 3**, была выбрана исходя из напряжения питания индикатора +3 В, наличия интерфейса I^2C и доступности. Особенность устройства — работа микроконтроллера DD2 PIC16F628A от внутреннего тактового генератора без кварцевого резонатора. Счёт времени ведёт микросхема часов реального времени (RTC) DD1 типа ISL1208IB8Z [1], температуру измеряет датчик BK1 AD7414ARTZ-0 [2]. В процессе работы RTC формируют запросы прерывания микроконтроллера, следующие с частотой 1 Гц. По каждому запросу микроконтроллер считывает информации о времени и температуре, формирует и отправляет кодовую посылку на ЖКИ HG1, после чего "засыпает". Далее процесс бесконечно повторяется.

Рис. 3

Литиевый элемент G1 — резервный источник питания для RTC. Он помещён в специальный держатель, выпаянный вместе с кварцевым резонатором на

32768 Гц из негодной материнской платы компьютера. Часы собраны на макетной плате и помещены в подходящую по размерам пластмассовую коробку.



Рис. 4



Рис. 5

Программа для микроконтроллера написана на языке microC for PIC 5.6.0 . Работа с интерфейсом I²C рассмотрена в [3].

При первоначальном включении часов следует отрегулировать контрастность индикатора, выбрать число градусов коррекции температуры, далее установить начальные значения времени и календаря. Входят в режим "Установка" и выбирают изменяемый параметр кнопкой SB1, перебирают его возможные значения кнопкой SB2 или SB3.

Предусмотрены два режима устройства: часы с секундомером и календарём (**рис. 4**) и часы с термометром и календарём (**рис. 5**). Переход между режимами осуществляется нажатиями на любую из кнопок SB2 или SB3.

Для изготовления часов при соответствующей корректировке программы можно использовать почти любые микросхемы RTC и цифровые датчики температуры с напряжением питания 3 В, оснащённые шиной I²C. Наиболее интересны микросхемы RTC со встроенным кварцевым резонатором. Дополнив описанные часы датчиками влажности и атмосферного давления, можно превратить их в домашнюю метеостанцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISL1208IB8Z I²C® Real Time Clock/Calendar. — URL: **http://www.intersil.com/content/dam/intersil/documents/isl1/isl1208.pdf** (08.12.14)

2. AD7414ARTZ-0 ±0.5 °C Accurate, 10-Bit Digital Temperature Sensors in SOT-23. — URL: **http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7414_7415.pdf** (08.12.14).

3. **Семёнов Б. Ю.** Шина I²C в радиотехнических конструкциях. — М.: Солон-Р, 2002.

***От редакции**. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/clock-m269.zip** на нашем FTP-сервере.*

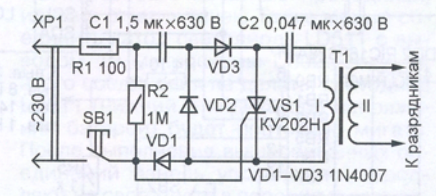
Усовершенствование электророзжига газовой плиты

А. ДЗАНАЕВ, г. Оренбург

Некоторые встроенные в газовые плиты системы электророзжига при нажатии на кнопку "стреляют одиночными": одно нажатие — одна искра. Часто с первого раза газ не загорается, и приходится нажимать на кнопку снова и снова. Это не только неудобно, но и ускоряет износ кнопки, приводя к преждевременному выходу её из строя.

Собранный в корпусе штатного электророзжига генератор импульсов высокого напряжения по схеме, представленной на **рисунке**, свободен от этого недостатка — при нажатии на кнопку SB1 (её роль играет штатная кнопка розжига на передней панели газовой плиты) устройство выдаёт "очередь" искр, следующих с частотой сети, до тех пор, пока кнопка не будет отпущена. Увеличена и мощность искры — накопительный конденсатор C2 заряжается до удвоенного амплитудного значения напряжения сети (в штатном блоке розжига он заряжается только до амплитудного напряжения).

Работа устройства на каждом периоде сетевого напряжения протекает в два этапа. В один полупериод (на верхнем — по схеме — контакте вилки XP1 — минус, на нижнем — плюс) конденсатор C1 заряжается почти до амплитудного значения сетевого напряжения. Ток зарядки протекает по цепи: нижний контакт вилки XP1, замкнутые контакты кнопки SB1, управляющий электрод тринистора VS1, открытый диод VD2, конденсатор C1, резистор R1, верхний контакт вилки XS1. Тринистор открывается и подключает заряженный конденсатор C2 к первичной обмотке повышающего импульсного трансформатора T1. Совместно с обмоткой этот конденсатор образует колебательный контур с частотой резонанса несколько десятков килогерц. В разрядниках, подключённых к вторичной обмотке трансформатора, проскакивает искра, поджигающая газ. Тринистор VS1 остаётся открытым на несколько периодов ВЧ-колебаний, пропуская их положительную полуволну. Диоды VD2, VD3 пропускают отрицательную полуволну, и в разрядник поступает серия затухающих колебаний, поэтому искра получается более продолжительной и мощной.



В другой полупериод, когда на верхнем контакте вилки XP1 — плюс, а на нижнем — минус, конденсатор C2 заряжается удвоенным сетевым напряжением: напряжение сети складывается с напряжением на конденсаторе C1 и через открытые диоды VD1, VD3 и первичную обмотку трансформатора T1 прикладывается к конденсатору C2. Тринистор VS1 в это время закрыт: на его управляющий электрод относительно катода подано закрывающее напряжение с открытого диода VD1.

Резистор R1 ограничивает амплитуду импульсов тока зарядки и служит предохранителем на случай неполадок в устройстве. Через резистор R2 разряжаются конденсаторы после отключения от сети для безопасного обслуживания. Номинальное напряжение конденсатора C1 должно быть не менее 400 В, C2 — не менее 630 В. Таким же (630 В) должно быть и обратное напряжение диодов VD2 и VD3. К диоду VD1 строгих требований не предъявляется, поскольку напряжение на нём не превышает 2...3 В. Тринистор следует выбирать на напряжение не ниже 600 В (например, КУ202Н), теплоотвода он не требует. Трансформатор T1 — штатный, входящий в конструкцию газовой плиты.

Устройство не требует налаживания и при правильной сборке из исправных деталей начинает работать сразу. Его можно использовать и для других целей, там, где требуется высокое напряжение, например, для питания люстры Чижевского, ионизатора, ловушки для насекомых, электроизгороди и т. д.

Регулятор мощности с таймером

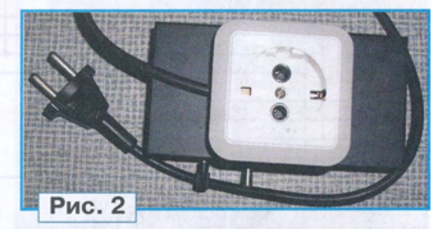
А. СТЕПАНОВ, г. С.-Петербург

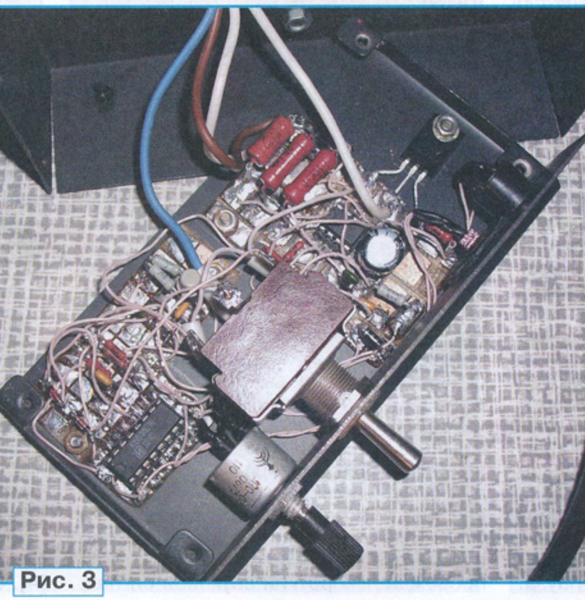
Тем, кто готовит пищу на электроплите, хорошо известен секрет экономии электроэнергии: учитывая тепловую инерцию конфорок, рекомендуется выключать их ещё до окончания приготовления блюда. Этот совет применим и к младшим сёстрам электроплит — настольным электроплиткам, особенно в тех случаях, когда они используются для подогрева готовой пищи, т. е. когда не требуется строго выдерживать определённый тепловой режим. ТЭН (термоэлектронагреватель) плитки нагревается очень быстро, а вот передача тепла от него к кастрюле или сковороде происходит относительно медленно, поэтому значительную часть времени электроэнергия тратится непроизводительно. Для её экономии целесообразно вести нагрев посуды с пищей не непрерывно, а периодически включая и выключая плитку, давая ей возможность в паузах отдавать накопленную тепловую энергию. Такой алгоритм работы плитки и реализован в предлагаемом вниманию читателей регуляторе мощности с таймером.

Рис. 1

Биметаллический размыкатель купленной мною электроплитки из-за частых срабатываний при выборе режима нагрева быстро обгорел и перестал коммутировать ТЭН, поэтому его пришлось замкнуть накоротко (о том, что нагреватель включён, можно судить по горящей неоновой лампе на электроплитке).

Схема предлагаемого устройства представлена на **рис. 1**. Собственно таймер собран на двоичном счётчике DD1, а в качестве генератора тактовых импульсов, следующих с частотой около 2 Гц, применён мигающий светодиод HL1 (одновременно он служит индикатором работы устройства). После установки счётчика DD1 в исходное состояние в момент включения устройства на его выходах устанавливается напряжение -9 В (относительно общего провода). Открываются диоды VD1—VD3 и закрывается VD4, переводя регулятор мощности на микросхеме DA1 в активный режим. При этом на тактовый вход C счётчика начинают поступать импульсы с мигающего светодиода HL1, и на выходах счётчиков микросхемы DD1 появляются импульсы управления регулятором мощности: на выводе 12 — с полупериодом 2 мин, а на выводе 15 — 8 мин. В верхнем положении переключателя SA1 электроплитка подключается к сети через симистор VS1 три раза по 2 мин с паузами такой же длительности, а в нижнем положении — на 10 мин непрерывно, после чего уровень напряжения на обоих выходах счётчика становится низким и диоды VD1—VD3 закрываются, а VD4 открывается. В результате генератор импульсов перестаёт работать, регулятор мощности выключается и нагрев пищи прекращается. Для оповещения об окончании цикла применён звуковой генератор, собранный на однопереходном транзисторе VT1. В среднем, нейтральном, положении переключателя SA1 таймер выключен.


Рис. 2


Рис. 3

Регулятор мощности собран на специализированной микросхеме T2117 (DA1), включённой по типовой схеме, и симисторе BT138 (VS1). Регулирование мощности осуществляется за счёт изменения числа периодов сетевого напряжения, пропускаемых в нагрузку за определённый интервал времени. Включение симистора происходит при переходе напряжения сети через ноль, благодаря чему устройство не создаёт сильных помех в сети.

Устройство смонтировано в металлическом корпусе от импортного предварительного усилителя низкой частоты для телевизора (**рис. 2**). Он состоит из Г-образного основания и крышки. Переменный резистор R6 (СПО-0,5), переключатель SA1 (тумблер ТП1-2 или аналогичный) и мигающий светодиод HL1 закреплены на его бывшей задней (теперь — передней) стенке (**рис. 3**), симистор VS1 — на его основании (оно, таким образом, выполняет функцию теплоотвода). Остальные детали смонтированы на привинченных к основанию двух платах из фольгированного стеклотекстолита. Монтаж — навесной. Площадки фольги, используемые в качестве опорных точек монтажа, сформированы с помощью резака, изготовленного из куска старого ножовочного полотна. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-33 и им подобные отечественные или импортные, конденсаторы C1—C3 — керамические К10-17 или КМ, C4 — оксидный импортный. Для подключения электроплитки использована стандартная сетевая розетка для так называемой открытой установки. На крышке корпуса она закреплена двумя винтами М4 с гайками.

Для удобного повседневного пользования устройством его желательно откалибровать по времени и мощности, необходимыми для достижения нужной температуры электроплитки с каждой кастрюлей (в зависимости от её объёма) или сковородой (в зависимости от её массы). Делают это подбором положения ручки плавного регулятора мощности R6 (с этой целью на ручку следует нанести риску, а на стенку — соответствующие отметки) и выбором (переключателем SA1) времени нагрева (при необходимости используют другие выходы счётчика DD1).

Как показала практика, какой-либо дополнительный теплоотвод симистору не требуется ввиду небольших интервалов его включения. ■

РАДИО®
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-28-38

Вытяжная гаражная вентиляция с реле времени на микроконтроллере

Д. ОРЛОВ, г. Саратов

Трудно, пожалуй, найти гараж, который бы оставался абсолютно сухим круглый год. Внутренняя поверхность гаража и всё его содержимое покрывается (особенно осенью и весной) мелкими каплями воды, которые в условиях застойного воздуха служат благоприятной средой для развития всевозможных микроорганизмов вроде плесени. С этим нужно бороться, но не всякий может проветривать свой гараж ежедневно. Однако этот процесс можно и автоматизировать. Вниманию читателей предлагается вариант автоматизированной системы гаражной вытяжной вентиляции.

Для начала нужно определиться с вентилятором. Его конструкция должна гарантировать исправную и безопасную работу в условиях повышенной влажности. Кроме того, вентилятор должен иметь достаточную производительность. Для гаража объёмом 60 м^3 я выбрал вентилятор ВКМц 100 Б [1], обеспечивающий максимальный расход воздуха 195 м^3/ч.

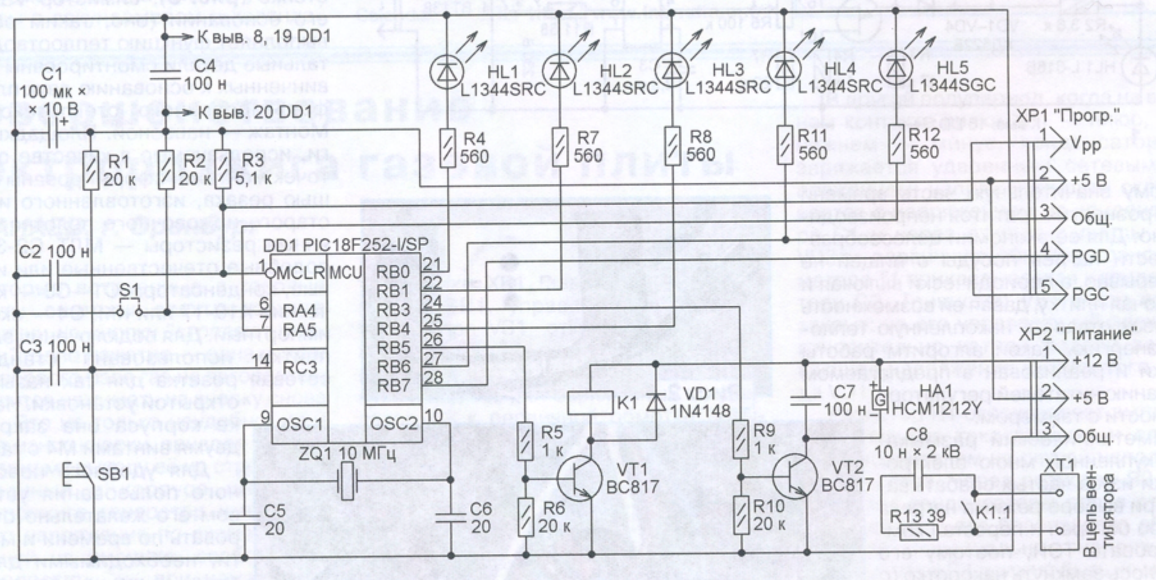


Рис. 1

Чтобы добиться хорошей циркуляции воздуха, нужно организовать его забор как можно дальше от места выброса. Для этого я проложил от вентилятора вдоль самой влажной стены воздуховод. Трубы использовал пластмассовые канализационные диаметром 100 мм. Они в несколько раз дешевле специализированных вентиляционных коробов и труб. По всей длине проделал в воздуховоде отверстия разного диаметра для забора воздуха. Их диаметр подбирал экспериментально (чем дальше от вентилятора, тем больше отверстие).

Из соображений экономии электроэнергии и ресурса вентилятора график работы вытяжки был выбран таким: один час — работа, три часа — пауза. Кроме того, неплохо было бы знать хотя бы приблизительно, сколько прошло времени с момента смены состояния вентилятора. Да ещё нужно иметь возможность принудительно включать его.

С учётом изложенных пожеланий была разработана схема, изображённая на **рис. 1**. "Сердце" устройства — микроконтроллер DD1 PIC18F252-I/SP [2]. Подойдёт и PIC18F242-I/SO. Цепь R3C2 обеспечивает "мягкий старт" микроконтроллера.

За индикацию состояния работы системы отвечают светодиоды HL1—HL5. Причём светодиод HL1 отображает состояние вентилятора (когда он светит, вентилятор включён), а светодиоды HL2—HL4 показывают, какая доля времени прошла с момента последней смены состояния вентилятора (соответственно четверть, половина, три четверти). Светодиод HL5 мигает с момента включения питания до первого включения вентилятора.

Принудительно сменить состояние вентилятора можно с помощью кнопки SB1. Смену его состояния (согласно программе или по нажатию кнопки) сопровождает короткий звуковой сигнал, подаваемый излучателем звука HA1 HCM1212Y со встроенным генератором. Установленная перемычка S1 разрешает подачу звуковых сигналов, снятая — запрещает.

Для управления вентилятором служит реле K1. Это может быть, например, BS-115C, контакты которого рассчитаны на коммутацию напряжения 230 В при токе до 10 А. Обмотка реле включена в коллекторную цепь транзистора VT1 и для подавления коммутационных выбросов напряжения зашунтирована диодом VD1. Контакты реле защищает от подгорания искрогасящая цепь R13C8.

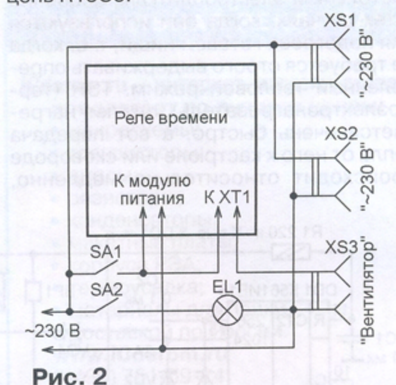


Рис. 2

Для питания реле времени применён готовый импульсный модуль питания с двумя выходными напряжениями. Ток его нагрузки по цепи 12 В — 200 мА, а по цепи 5 В — 100 мА. Разъём XP1 предназначен для программирования микроконтроллера.

Реле времени собрано на макетной плате и помещено вместе с блоком питания в корпус Soft-Case типа L размерами 116×73×27 мм [3]. На его лицевой панели размещены светодиоды HL1—HL5 и кнопка SB1. Правильно собранное реле времени с безошибочно запрограммированным микроконтроллером в налаживании не нуждается.

Программа микроконтроллера написана в среде разработки mikroPascal [4]. Особенность этой среды — конфи-

гурацию микроконтроллера не задают в исходном тексте программы, а устанавливают в самой среде разработки. Поэтому при самостоятельной компиляции программы нужно выбрать в главном меню среды mikroPascal пункт "Project/Edit Project...". В раскрывшемся окне устанавливают следующие параметры:

MCU name — P18F252;
Oscillator Frequency [MHz] — 10.000000;
Build Type — Release;
Oscillator Selection — HS oscillator with PLL enabled / Clock Frequency = (4 x FOSC);
Oscillator System Clock Switch — Disabled;
Power up Timer — Disabled;
Brown-out Reset — Enabled;
Brown-out Reset Voltage — VBOR Set to 2.7V;
Watchdog Timer — Enabled;
Watchdog Timer Postscale — 1:128;
CCP2 Mux Bit — Enabled;
Stack Full/Underflow Reset — Disabled;
Low Voltage ICSP — Enabled;
Background Debug — Disabled.

Затем набираем или копируем в окно текстового редактора системы текст программы и запускаем компиляцию, нажав комбинацию клавиш Ctrl и F9. Процесс должен завершиться сообщением "Finished Successfully <Дата>, <Время>" в окне "Message" (ниже главного окна).

Хотелось бы обратить внимание, что в программе можно задать нужные продолжительности включённого и выключенного состояний вентилятора в секундах, изменив соответственно значения констант cTimeIsON и cTimeIsOFF. Длительность звукового сигнала задана в подпрограмме BeepMy с помощью встроенной функции Delay_us, параметр которой равен необходимой длительности в микросекундах.

Щит управления вентилятором собирают по схеме, показанной на **рис. 2**. Кроме реле времени, на нём размещают розетку XS3 для подключения вентилятора, выключатель SA1 для оперативного выключения реле времени и вентилятора, дополнительные сетевые розетки XS1 и XS2, а также осветительную лампу EL1 и её выключатель SA2. В качестве SA1 и SA2 использован обычный сдвоенный выключатель освещения для открытой проводки. Внешний вид щита управления представлен на **рис. 3**.

Рис. 3

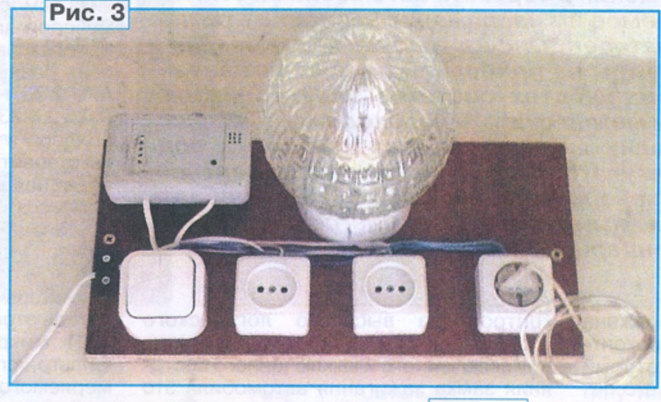
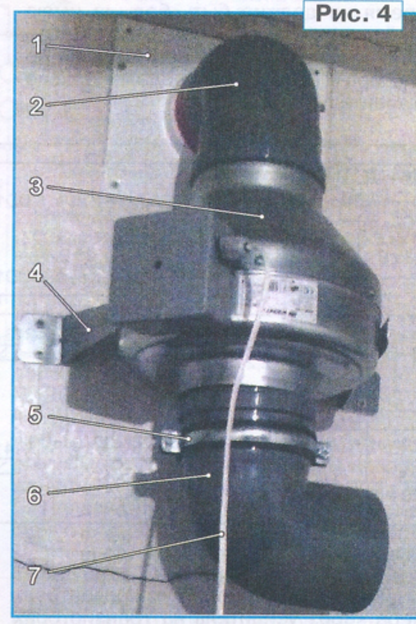


Рис. 4



Вентилятор установлен рядом с вентиляционным отверстием в стене гаража, как показано на **рис. 4**. Это отверстие необходимо закрыть специальным фланцем 1, рассчитанным на присоединение трубы диаметром 100 мм. С помощью уголка 2 (КУ-110/90) фланец соединён с выходным отверстием вентилятора 3 (предварительно нужно уточнить по этикетке вентилятора направление движения воздуха — снизу вверх по рис. 4). Уголок установлен стороной диаметром 90 мм к фланцу. Соединение уплотнено изоляционной лентой.

Далее вентилятор закреплён на стене штатными кронштейнами 4, которые предварительно подогнуты так, чтобы расстояние от кожуха вентилятора до стены обеспечило максимальную плотность его сопряжения с уголком 2 и фланцем 1. Ещё один уголок 6 (тоже КУ-110/90) установлен и закреплён с помощью металлического крепёжного кронштейна 5 стороной диаметром 110 мм к входному отверстию вентилятора. Регулировкой кронштейна обеспечено максимально плотное соединение.

Такая сложная конструкция этого узла обусловлена тем, что вентиляционное отверстие в моём гараже находится очень близко к потолку. Монтаж оставшейся части воздуховода (**рис. 5**) из труб КН-110×1000 не представляется особо сложным. Нужно только не забыть закрыть противоположный вентилятору конец воздуховода заглушкой. Стыки частей воздуховода необходимо герметизировать металлизированной липкой лентой.

В заключение подключите к вентилятору электрический шнур 7 с вилкой и включите её в розетку XS3 на щите управления.

Описанная здесь гаражная вентиляция успешно проработала уже год. Влаги в гараже стало заметно меньше, капель на потолке нет, отсутствует и застойный запах.

Рис. 5



ЛИТЕРАТУРА

1. Канальный центробежный вентилятор ВЕНТС ВКМц 100 Б. — URL: **http://vents-rus.ru/product/vkmts_100_b** (08.05.15).

2. PIC18FXX2 Data Sheet. High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D. — URL: **http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf** (08.05.15).

3. Корпуса для ручных приборов. Серия Soft-Case. — URL: **http://www.okw.ru/prod/SoftCase.htm** (22.04.15).

4. MikroPascal PRO for PIC. — URL: **http://www.mikroe.com/mikropascal/pic/** (22.04.15).

***От редакции**. Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/ventilator.zip** на нашем FTP-сервере.*

Микроконтроллерное реле-регулятор

В. МИТЬКО, г. Тверь

Предлагаемое устройство предназначено для замены штатного реле-регулятора напряжения в бортсети автомобиля и отличается тем, что поддерживаемое им напряжение зависит от температуры аккумуляторной батареи. Оно не требует налаживания и с помощью сигнальной лампы на приборной панели сигнализирует о некоторых неисправностях системы электропитания автомобиля. Недостатком можно считать необходимость вмешательства в электропроводку автомобиля, так как схема подключения нового реле-регулятора отличается от стандартной. Устройство не предназначено для использования в автомобилях с генераторами, управляемыми по K-Line (Mercedes, BMW и некоторые автомобили концерна VAG).

Схема реле-регулятора изображена на **рис. 1**. Его основа — микроконтроллер ATtiny85-20SU (DD1), который без изменения схемы прибора, его печатной платы и программы микроконтроллера можно заменить на ATtiny25-20SU или ATtiny45-20SU. С микроконтроллерами других типов приложенные к статье программы работать не будут.

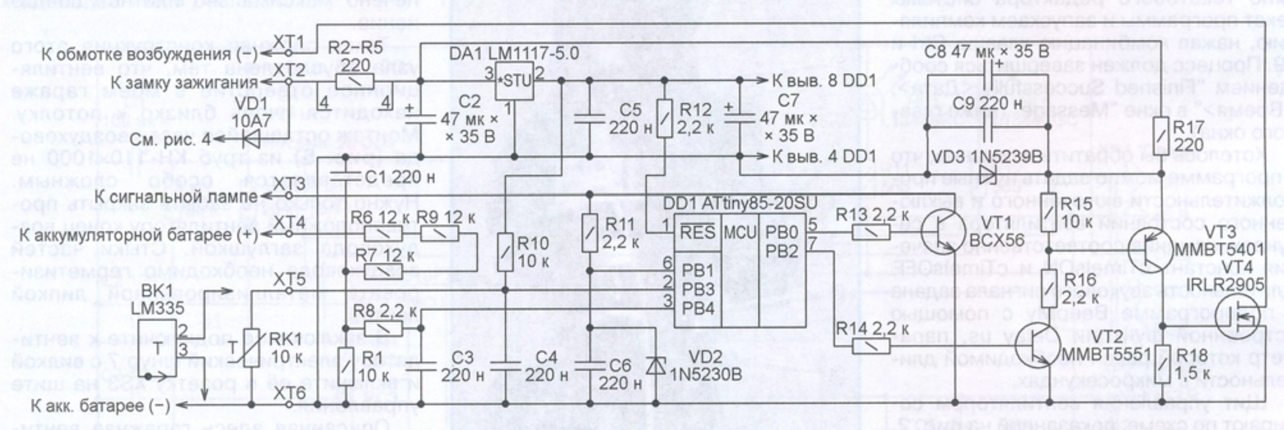


Рис. 1

Линия PB0 (вывод 5) микроконтроллера настроена как выход. На ней программа формирует сигнал управления лампой, имеющейся на приборной панели автомобиля. Через эту же лампу на линию PB1 (вывод 6) микроконтроллера поступает сигнал о том, что зажигание включено. Этот вход защищён от выбросов напряжения стабилитроном VD2. Кроме указанного на схеме, здесь пригоден любой стабилитрон на 3,3...4,9 В в подходящем корпусе. Конденсатор C6 подавляет шум стабилитрона. Упомянутая выше сигнальная лампа 12 В, 1,2...1,4 Вт включена в коллекторную цепь транзистора VT1, усиливающего сигнал микроконтроллера.

Номинал резистора R11, указанный не схеме, можно уменьшить до 1 кОм, но нельзя увеличивать. Это связано с тем, что вместе с конденсатором C6 он образует интегрирующую цепь, задерживающую на некоторое время после закрывания транзистора VT1 достижение напряжением на входе PB1 микроконтроллера высокого логического уровня. Для безошибочного определения включённого и выключенного состояния замка зажигания автомобиля это время не должно быть больше имеющейся в программе задержки. Максимально допустимое сопротивление резистора R11 2,2 кОм определено экспериментально.

Линия PB2 (вывод 7) микроконтроллера через усилитель на транзисторах VT2—VT4 управляет обмоткой возбуждения генератора автомобиля. Обратите внимание, что транзисторы VT2 и VT3 питаются напряжением не 5 В, а 9 В от стабилизатора напряжения на стабилитроне VD3. Это необходимо, чтобы подать на затвор транзистора VT4 напряжение, достаточное для его полного открывания, при котором сопротивление открытого канала этого транзистора и рассеиваемая на нём мощность минимальны. Стабилитрон 1N5239B можно заменить любым другим с напряжением стабилизации 9...10 В.

К линии PB3 (выводу 2) микроконтроллера подключают датчик температуры аккумуляторной батареи автомобиля. Если в качестве этого датчика применён терморезистор RK1 (я использовал приобретённый на сайте **http://www.ebay.com** герметизированный, с длинными выводами "NTC Thermistor temperature sensor 10K 1 % 3950"), то вместе с резистором R10 он образует измерительный делитель напряжения. Если датчик — LM335 (BK1), который подключают вместо терморезистора, то через тот же резистор на него поступает напряжение питания. Конденсатор C4 — сглаживающий.

Обратите внимание, зависимости выходного напряжения от температуры у терморезистора и интегрального датчика температуры неодинаковы, поэтому программы микроконтроллера при использовании этих датчиков должны быть разными. В первом случае — это ATTINY85_HTC_10K, во втором — ATTINY85_LM335. Конфигурация микроконтроллера в обоих случаях должна соответствовать **табл. 1**. Она совпадает с первоначально установленной заводом-изготовителем.

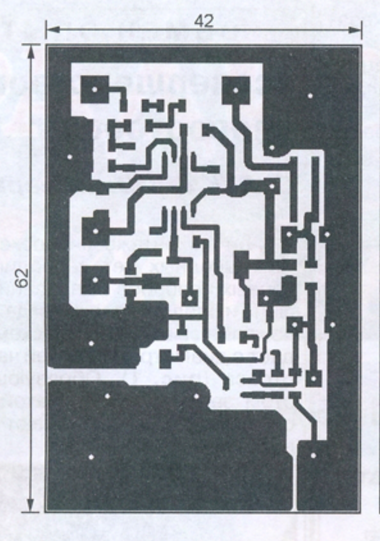
Линия PB4 (вывод 3) микроконтроллера использована как аналоговый вход для контроля напряжения в бортсети. Резисторы R1, R6, R7, R9 образуют делитель этого напряжения для подачи на АЦП микроконтроллера. C1R8C3 — фильтр, сглаживающий пульсации измеряемого напряжения.

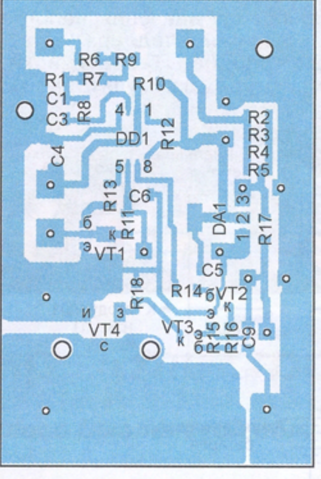
Резисторы R2—R5 образуют с конденсатором C2 фильтр питания, а с резистором R17 — балластное сопротивление для стабилизатора напряжения на стабилитроне VD3. Интегральный стабилизатор LM1117-5.0 (DA1) обеспечивает напряжение 5 В микроконтроллер.

Таблица 1

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
Расширенный байт			
SELFPRGEN	1		
Старший байт		Младший байт	
RSTDISBL	1	CKDIV8	0
DWEN	1	CKOUT	1
SPIEN	0	SUT1	1
WDTON	1	SUT0	0
EESAVE	1	CKSEL3	0
BODLEVEL2	1	CKSEL2	0
BODLEVEL1	1	CKSEL1	1
BODLEVEL0	1	CKSEL0	0

Устройство собрано на печатной плате, изображённой на **рис. 2**. Она рассчитана на установку резисторов типоразмера 1206 для поверхностного монтажа и таких же конденсаторов (за исключением оксидных C2, C7 и C8). К транзисторам VT2 и VT3 особых требо-





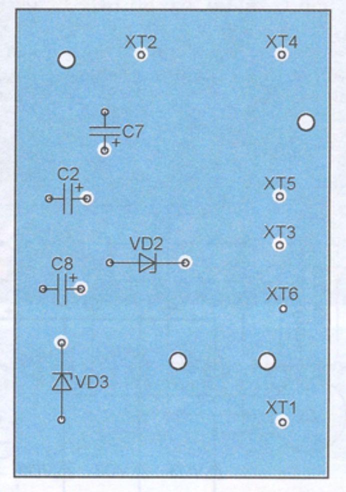


Рис. 2

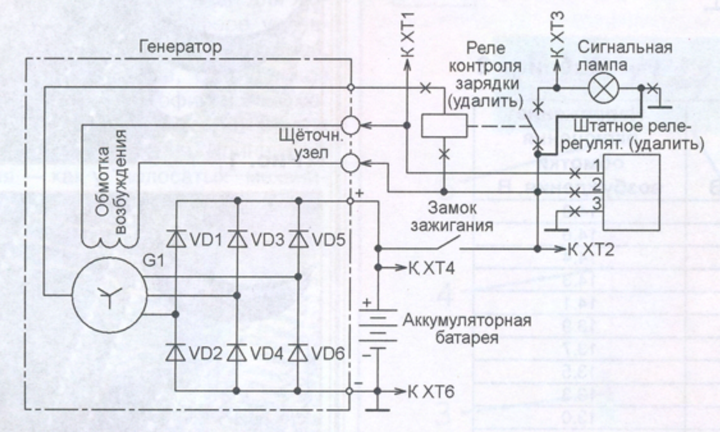


Рис. 3

ваний не предъявляется. Те, типы которых указаны на схеме, можно заменить другими маломощными соответствующей структуры с напряжением коллектор—эмиттер не менее 30 В и в корпусе SOT95. Вместо BCX56 подойдёт любой n-p-n транзистор средней мощности в корпусе SOT-89 с допустимыми током коллектора не менее 1 А, напряжением коллектор—эмиттер 30 В и более. При соответствующей доработке платы можно применить подходящие транзисторы и в других корпусах. Например, VT1 — серии КТ815, VT2 — серии КТ315, VT3 — серии КТ361.

Полевой транзистор IRLR2905 имеет сопротивление открытого канала 0,027 Ом, максимальный ток стока — 30 А и корпус TO-252AA. На его месте сможет работать, например, транзистор IRLR2705 (0,04 Ом, 20 А), но он будет выделять заметно больше тепла и потребует более эффективного теплоотвода. Другая возможная замена — полевой транзистор RFP50N06 (0,022 Ом, 50 А). Он довольно популярен в автомобильных УМЗЧ, но имеет корпус TO-220AB.

В качестве замены микросхемы LM1117-5.0 подходят по параметрам многие интегральные стабилизаторы напряжения +5 В. Но все они несовместимы с ней по назначению выводов. Поэтому при замене потребуется вносить коррективы в печатную плату.

Диод 10А7 (VD1, устанавливаемый вне печатной платы) можно заменить любым другим диодом с допустимыми прямым током 10 А и обратным напряжением не менее 100 В.

Печатная плата изготовлена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита, но печатные проводники вытравлены только на одной её стороне. Фольга на противоположной стороне платы сохранена и соединена с общим проводом устройства. После травления в плате сверлят отверстия. Затем вырезают из алюминиевого, медного или латунного листа толщиной 1,5...2 мм пластину-теплоотвод размерами 72×42 мм — немного больше, чем сама плата. Используя плату в качестве шаблона, сверлят в пластине четыре крепёжных отверстия (на рис. 2 эти отверстия большего, чем другие, диаметра).

Предназначенные для не соединяемых с общим проводом выводов деталей отверстия в плате зенкуют со стороны сплошной фольги сверлом большого диаметра, чтобы удалить фольгу вокруг них. Два нижних (по рис. 2) крепёжных отверстия необходимо раззенковать со стороны печатных проводников. Выводы деталей, соединяемые с общим проводом, при монтаже следует пропаивать с обеих сторон платы.

Закончив монтаж всех деталей и проверив его, положите на плату со стороны печатных проводников пластину-теплоотвод. Она должна опереться на корпус транзистора VT4 и на две шайбы толщиной 2,3 мм, наложенные на верхние (по рис. 2) крепёжные отверстия. Место соприкосновения теплоотвода с корпусом транзистора желательно смазать теплопроводной пастой. Плату и теплоотвод скрепляют четырьмя винтами с гайками.

После проверки готового изделия в работе его разбирают, покрывают плату несколькими слоями влагозащитного лака (обязательно!), при этом защитив от лака соприкасающуюся с теплоотводом поверхность транзистора VT4 и контакты XT1—XT6, и вновь собирают. Зазор между платой и теплоотводом можно залить термоклеем.

В автомобилях, оборудованных электрогенератором, обмотки статора которого соединены по схеме "звезда" с трёхфазным выпрямительным мостом на шести диодах, новый реле-регулятор подключают по схеме, изображённой на **рис. 3**. Но предварительно нужно удалить штатные реле-регулятор и реле контроля зарядки аккумуляторной батареи. Места разрыва цепей обозначены на схеме крестами. Отключив от корпуса автомобиля правый (по схеме) вывод сигнальной лампы, соединяют его, как показано на схеме утолщённой линией, с выводом замка зажигания. Диод VD1 (см. рис. 1) в рассматриваемом случае не требуется.

Если обмотки статора генератора соединены "треугольником", а выпрямитель состоит из девяти диодов, то новый реле-регулятор подключают к нему по схеме, изображённой на **рис. 4**. Здесь, кроме проводов, шедших к старому реле-регулятору, нужно разрезать ещё один, присоединённый к левому (по схеме) выводу сигнальной лампы.

Через диод VD1 (см. рис. 1) обмотка возбуждения генератора питается при включённом зажигании, но остановленном или работающем на малых оборотах двигателе автомобиля. В отсутствие диода VD1 генератор при запуске двигателя работать не начнёт.

Непосредственно от замка зажигания (без диода) напряжение на обмотку возбуждения подавать нельзя, так как в этом случае запущенный двигатель продолжит работать и после выключения зажигания.

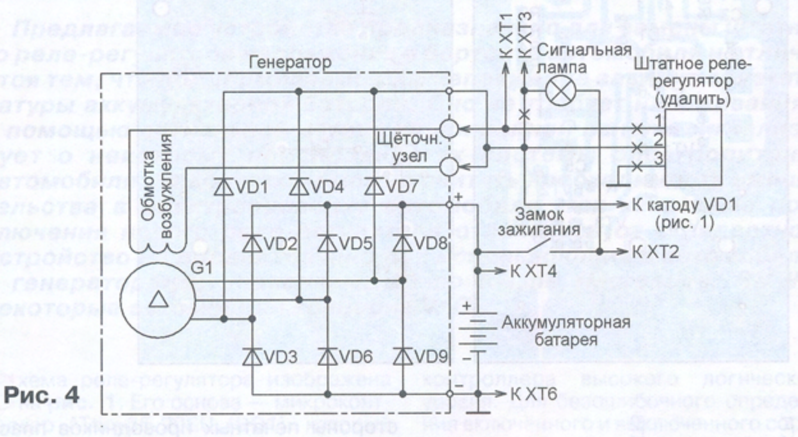


Рис. 4

жёстко заданы в программе. Они указаны в **табл. 2**.

По поводу значения напряжения, которое нужно поддерживать, идёт много споров. Теоретически при температуре аккумуляторной батареи –30 °С напряжение должно быть равным 15,9 В. Но как показывает практика, это слишком много для бортовой электроники. А напряжение 12,5 В при прогретой до +50 °С батарее, конечно же, слишком мало. Особенно летом при работающих кондиционере, вентиляторах радиатора и других потребителях тока. Такое напряжение приводит к временному отказу системы ABS. По указанным причинам решено было остановиться на интервале изменения напряжения 12,8...15 В.

Таблица 2

Температура батареи, °С	Напряжение выключения обмотки возбуждения, В	Напряжение включения обмотки возбуждения, В
≤ 0	15.0	14.8
5	14.8	14.6
10	14.6	14.4
15	14.4	14.3
20	14.3	14.1
25	14.1	13.9
30	13.9	13.7
35	13.7	13.5
40	13.5	13.3
45	13.3	13.0
≥ 50	13.0	12.8

Датчик температуры крепят к аккумуляторной батарее липкой с двух сторон лентой, не забыв предварительно обезжирить место крепления. На противоположную датчику и батарее сторону ленты наклеивают небольшую поролоновую пластину. Она предохранит датчик от нагревания горячим воздухом подкапотного пространства.

Пока зажигание выключено, программа микроконтроллера "спит". "Проснувшись" при его включении, она подаёт сигнал "напряжение ниже заданного" — сигнальная лампа часто мигает. Как только после запуска двигателя напряжение генератора достигнет нижнего порогового значения, лампа погаснет, а программа перейдёт в режим стабилизации напряжения. При превышении его верхнего порогового значения программа установит низкий уровень на линии PB2 микроконтроллера, чем закроет транзистор VT4 и отключит обмотку возбуждения генератора. При снижении напряжения ниже нижнего порога программа установит на линии PB2 высокий уровень, открывая транзистор, замыкающий цепь питания обмотки возбуждения. Значения напряжения верхнего и нижнего порогов (включения и выключения обмотки возбуждения) зависят от температуры аккумуляторной батареи и

Если напряжение остаётся меньшим нижнего порога более 10 с, сигнальная лампа начинает мигать с частотой около 2 Гц. Предусмотрена также индикация неисправности (замыкания или обрыва) в цепи датчика температуры — мигание сигнальной лампы с частотой 0,5 Гц. В этом случае программа удерживает напряжение в пределах 13,8...14 В. Устройство выключается при полном отключении питания либо при снятии питания с сигнальной лампы (выключении зажигания).

От редакции. Программы микроконтроллера имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/r-r.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

ОБМЕН ОПЫТОМ

Усовершенствование оловоотсоса

С. ЛУКАШОВ, г. Тверь

При демонтаже микросхем и других выводных деталей один из популярных способов выпаивания — метод фена и оловоотсоса. Иногда шаг расположения выводов микросхем не совпадает с диаметром рабочей части оловоотсоса (**рис. 1**). Образующиеся при этом зазоры между платой и соплом оловоотсоса резко снижают эффективность работы.

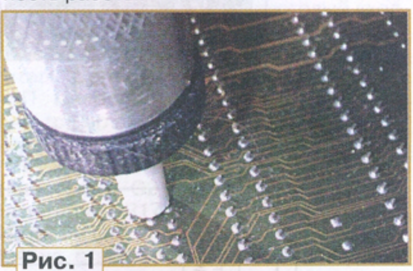


Рис. 1

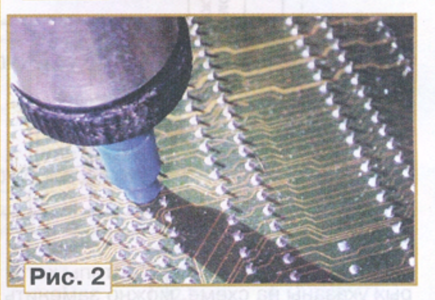


Рис. 2

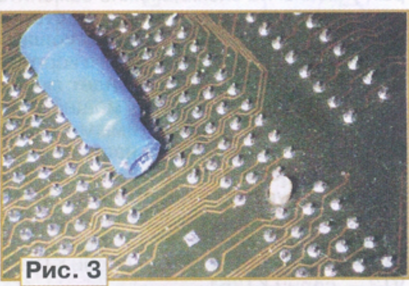


Рис. 3

Проблему можно решить так. Из подходящих размеров термоусаживаемой трубки аккуратно вырезают заготовку длиной приблизительно 1,5 см. Заготовку насаживают на фторопластовую трубку и равномерно прогревают феном до полной усадки. Неплохо сделать несколько слоёв. В этом случае последующую трубку надевают на уже прогретую. Также при необходимости можно делать несколько ступеней (**рис. 2**).

В итоге получаем меньший размер рабочей части сопла оловоотсоса. Получившийся наконечник к тому же является более мягким, чем фторопластовая трубка, и, несмотря на используемый материал, многоразовым. Его легко снимать и устанавливать (**рис. 3**). Из недостатков следует отметить, что стало немного сложнее удалять припой.

Игрушка-сувенир "Электронный секретарь"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Этот сувенир предназначен для людей, работающих в сфере управления потоками людей, — секретарей, помощников депутатов, сотрудников регистратур и других офисных служащих. Игрушка отвлекает внимание и смягчает климат общения. Принцип её действия — как у "полосатых" механических рекламных табло, где смена картинки производится синхронным поворотом каждой "полоски" на 120°. "Электронный секретарь", уточняя у посетителя исходные данные, сообщает ему информацию о его дальнейших действиях. Когда информирование становится сбивчивым, "секретарь уходит на обед"...

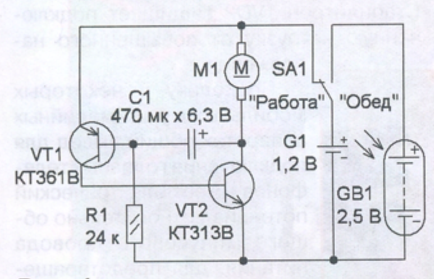


Рис. 1

Схема игрушки показана на **рис. 1**. На транзисторах VT1 и VT2 собран несимметричный мультивибратор, который управляет работой вибровзвонка M1. Питается генератор от аккумулятора G1. Когда транзистор VT2 открывается, на вибровзвонок поступает питающее напряжение и его ротор периодически поворачивается на угол в 120°, меняя перед глазами посетителя различные надписи. По мере разрядки аккумулятора его напряжение уменьшается, одновременно уменьшается и угол поворота ротора — это означает, что аккумулятор пора подзарядить от солнечной батареи GB1, переведя подвижный контакт переключателя SA1 в правое по схеме положение.

Рис. 2

Конструктивно сувенир выполнен на базе садового светодиодного светильника с солнечной батареей (**рис. 2**). От него взяты корпус 2 с солнечной батареей 8, переключатель 1 и аккумулятор (установлен в корпусе). В отрезок пластиковой трубки 7 (трубочка для коктейля), которая вклеена в отверстие в корпусе, вставлен вибровзвонок 3 с резиновой прокладкой (полоска от резиновой трубки толщиной 1,5 мм). К ротору вибровзвонка припаян шток 4 — отрезок стальной проволоки диаметром 0,5...0,7 мм и длиной несколько сантиметров. На его верхний конец надевают информационный баннер 6. Баннеры на штоке можно быстро менять благодаря вклеенному в них переходнику 5 (отрезок трубки ПВХ от внешней изоляции провода).

Налаживание игрушки сводится к подбору ёмкости конденсатора C1, установке штока строго вертикально и углов лепестков баннера. При желании, увеличивая или уменьшая ёмкость этого конденсатора, можно настроить углы поворота баннера на 90 или 180°. Тогда можно использовать "двухлистники" или "четырёхлистники" — баннеры соответственно с двумя или четырьмя фразами. "Обед" (зарядку) лучше проводить на освещённом солнцем подоконнике в течение нескольких часов. В авторском варианте устройство потребляет ток 15 мА, ёмкость применённого аккумулятора — 100 мА·ч, время зарядки при солнечном освещении — 4...5 ч.

***От редакции.** Видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/ref.zip** на нашем FTP-сервере.*

Доработка компьютерной АС SP-P110

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

При экспериментах с компактной активной акустической системой (АС) "Genius SP-P110" было выяснено, что установленные в неё динамические головки способны на более качественное звучание, чем может обеспечить встроенный в неё двухканальный УМЗЧ. Эта АС относится к низшей ценовой категории, поэтому неудивительно, что производитель сэкономил на всём, на чём только можно было сэкономить. Поэтому с целью повышения качества звучания и повышения надёжности было решено доработать это устройство.

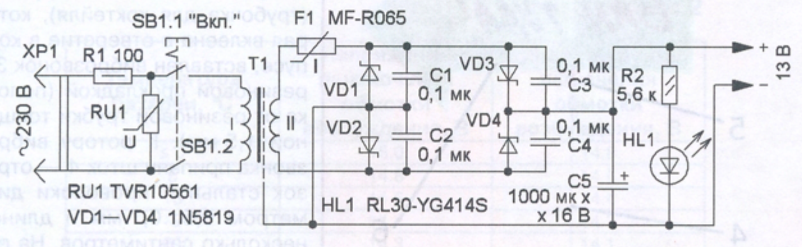


Рис. 1

В первую очередь был изготовлен новый блок питания, схема которого показана на **рис. 1**. Старый, сильно гревшийся трансформатор с габаритной мощностью около 2 Вт удалён. Взамен него установлен более мощный и надёжный трансформатор ТС-БП-22 (от кассетной магнитолы советского производства). Сетевое напряжение 230 В поступает на первичную обмотку трансформатора T1 через замкнутые контакты выключателя SB1 и резистор R1, который выполняет защитную функцию. Варистор RU1 совместно с резистором R1 защищает трансформатор от превышения сетевого напряжения.

С вторичной обмотки трансформатора T1 переменное напряжение 9...10 В через самовосстанавливающийся предохранитель F1 поступает на мостовой выпрямитель, собранный на диодах VD1—VD4. Конденсатор C5 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, светодиод HL1 сигнализирует о наличии выходного напряжения. Межобмоточный экран и корпус трансформатора электрически соединены с минусовым проводом блока питания. Большинство элементов блока питания размещены на монтажной плате из нефольгированного текстолита размерами 30×60 мм (**рис. 2**). Применён проводной монтаж. Резистор R1 и варистор RU1 распаяны на контактах выключателя.

УМЗЧ в АС SP-P110 собран на интегральной микросхеме TEA2025B, которая способна развивать мощность до 2,3 Вт в каждом канале. Вариант усилителя, реализованный производителем АС на этой микросхеме, развивал выходную мощность не более 0,2 Вт, а низкие звуковые частоты практически не прослушивались. Ещё одним неприятным бонусом была низкая чувствительность усилителя, недостаточная для воспроизведения фонограмм с карманных MP3-плееров.

Рис. 2

Поскольку микросхема TEA2025B способна на большее, было решено не изготавливать новый усилитель, а доработать имеющийся. Схема этого варианта УМЗЧ показана на **рис. 3**. Использована нумерация элементов, указанная на плате, обозначения дополнительно установленных элементов начинаются с префикса 1. Конденсатор C12 (1000 мкФ) был заменён конденсатором большей ёмкости (2200 мкФ), C4 и C10 были заменены конденсаторами ёмкостью 470 мкФ (были по 220 мкФ). Аналогично конденсаторы C1 и C6 (0,22 мкФ) заменены конденсаторами ёмкостью 0,47 мкФ. Сопротивления резисторов R2 и R5 уменьшены до 100 Ом вместо 680 Ом, что увеличило коэффициент усиления УМЗЧ. Резистор R7 (560 Ом) заменён резистором сопротивлением 5,6 кОм.

Были переделаны и входные цепи УМЗЧ. Раньше входное напряжение поступало напрямую на регулятор громкости VR1, а после доработки — через RC-фильтры на элементах 1R12, 1C14 и 1R13, 1C15, что защищает УМЗЧ от высокочастотных наводок. До доработки на выходе УМЗЧ динамические головки автоматически отключались при вставленном штекере головных телефонов, теперь их можно отключить с помощью кнопки SW1. Кроме того, сигнал на головные телефоны стал поступать через токоограничивающие резисторы 1R17, 1R18. Были установлены дополнительные блокировочные керамические конденсаторы 1C20, 1C21, 1C22. Выходная мощность доработанного УМЗЧ с новым источником питания — около 0,6 Вт в каждом канале.

Устройство было дополнительно оснащено стабилизатором напряжения +5 В, которое выводится на USB-гнездо 1XS1. К этому гнезду можно подключать различные мобильные устройства для их питания или зарядки встроенных аккумуляторных батарей. Стабилизатор собран на интегральной микросхеме 1DA2, резистор 1R15 уменьшает рассеиваемую микросхемой мощность. Стабилитрон 1VD2 защищает подключённую нагрузку от повышенного напряжения.

Поскольку в некоторых мобильных мультимедийных аппаратах общий вывод для подключения головных телефонов имеет электрический потенциал относительно общего минусового провода питания, для предотвращения повреждения таких устройств и обеспечения их работоспособности в разрыв общего провода УМЗЧ включены элементы 1R11, 1C13, 1R14.

В блоке питания можно применить диоды Шотки 1N5819, MBRS140T3, MBR150, MBR340, BYV10-40, SB140. Диод 1N4003 можно заменить любым из серий 1N4001–1N4007, КД243, КД247. Светодиод может быть любого цвета свечения повышенной яркости. Варистор TVR10561 можно заменить варистором FNR-10K471, FNR-14K471, FNR-20K471, MYG20-471. Резистор R1 — импортный невозгораемый или Р1-7. Выключатель питания — кнопочный или клавишный, рассчитанный на коммутацию напряжения 230 В переменного тока, например, JPW-2104, RS-201-8C. Все неполярные конденсаторы — керамические импортные, оксидный — К50-35 или импортный. Взамен трансформатора ТС-БП-22 подойдёт унифицированный ТП-112-3.

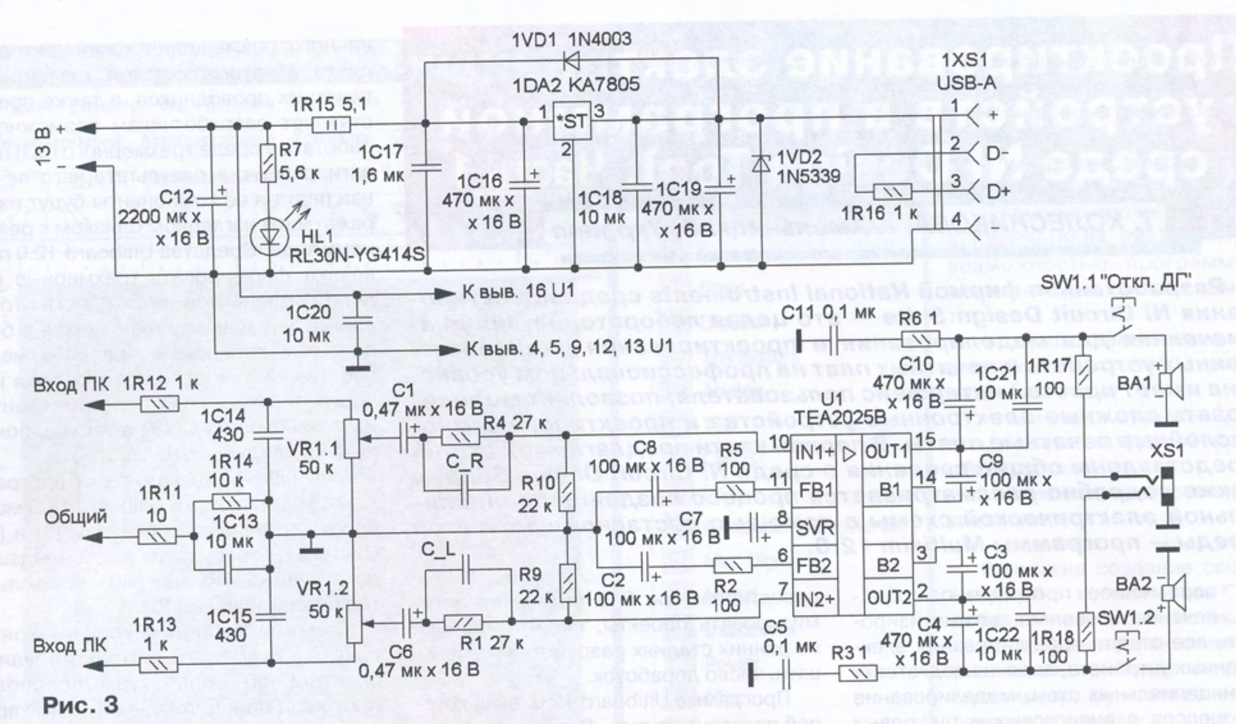


Рис. 3

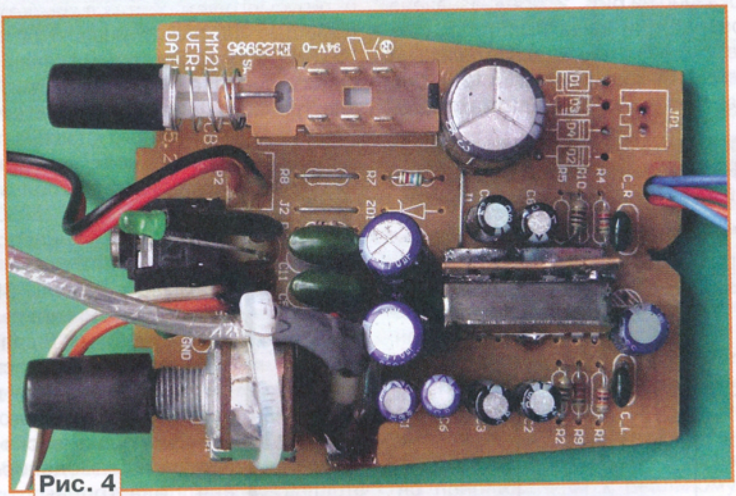


Рис. 4

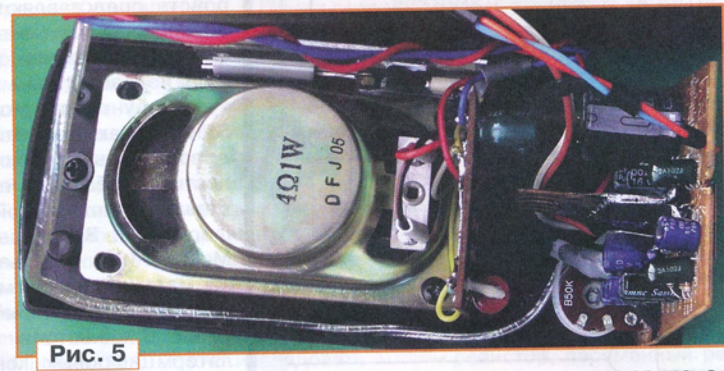


Рис. 5

В УМЗЧ применены резисторы С2-23 или импортные, оксидные и неполярные (керамические), конденсаторы — также импортные. Элементы стабилизатора напряжения установлены на дополнительной монтажной плате размерами 45×45 мм. Микросхема KA7805 установлена на дюралюминиевый теплоотвод размерами 68×40×2 мм, её можно заменить любой из серий 7805, 78M05. Доработанная плата УМЗЧ показана на **рис. 4**. На интегральной микросхеме U1 прикреплён дополнительный П-образный латунный теплоотвод площадью поверхности около 8 см^2. Изначально тепло от этой микросхемы отводилось с помощью печатных проводников на печатной плате.

Размещение узлов в корпусах колонок показано на **рис. 5**. В одной колонке размещён блок питания с выключателем и индикаторным светодиодом, в другой — УМЗЧ с регулятором громкости, гнездо для подключения головных телефонов и выключатель динамических головок. Между собой колонки соединены четырёхпроводным мягким кабелем. По двум проводам поступает напряжение питания, по другим двум — сигнал с выхода УМЗЧ.

Доработка УМЗЧ обеспечила улучшение качества звучания АС, он имеет более высокую чувствительность, а сама АС оснащена USB-портом. В результате звучание АС оказалось лучше, чем у компактных "кухонных" ЖК-телевизоров, ноутбуков, планшетов, других мобильных устройств. Были также намерения заменить безымянные динамические головки мощностью 1 Вт другими, мощностью 3...8 Вт, имеющими такие же габаритные размеры. К моему удивлению, "фирменные" динамические головки, изъятые из кинескопных (диагональ 51, 54 см) телевизоров, звучали заметно хуже.

Аналогично можно доработать и другие компьютерные активные АС, поскольку часто бывает так, что их производители с целью экономии не реализовывают заложенные в динамические головки и интегральные УМЗЧ потенциал.

При изготовлении нового блока питания надо строго выполнять правила техники безопасности, изложенные в статье "Осторожно! Электрический ток!" ("Радио", 2015, № 5, с. 54).

Проектирование электронных устройств в программной среде NI Design Tool. Часть 1

Т. КОЛЕСНИКОВА, г. Хмельницкий, Украина

Разработанная фирмой National Instruments среда проектирования NI Circuit Design Suite — это целая лаборатория, предназначенная для моделирования и проектирования радиоэлектронных устройств и печатных плат на профессиональном уровне. Она имеет простой интерфейс пользователя, позволяет моделировать сложные электронные устройства и проектировать многослойные печатные платы. В первой части предлагаемой статьи представлены общие сведения о среде NI Circuit Design Suite, а также подробно рассматривается процесс создания принципиальной электрической схемы с помощью составной части этой среды — программы Multisim 12.0.

Современное программное обеспечение позволяет автоматизировать все стадии проектирования электронных устройств, включая подготовку принципиальных схем, моделирование процессов в аналоговых и цифровых цепях, компоновку и трассировку печатных плат, редактирование и расширение библиотек компонентов. На рынке программного обеспечения, предназначенного для проектирования электрических цепей и устройств, сегодня можно насчитать десятки специализированных пакетов. Наиболее известна из них система сквозного проектирования электронных устройств NI Circuit Design Tool, в которую входят программа моделирования и программной симуляции работы электронных цепей Multisim 12.0 и программа проектирования печатных плат Ultiboard 12.0.

Программу Multisim 12.0, главное окно которой показано на **рис. 1**, характеризует сочетание профессиональных возможностей и простоты, расширяемость от простой настольной системы до сетевой корпоративной системы разработки. Этим объясняется широкое применение этой программы как для учебных целей, так и для промышленного производства сложных электронных устройств, их проверки и отладки. Она предлагает графический подход, позволяющий уйти от традиционных методов макетирования электронных устройств и обеспечивающий разработчиков мощными профессиональными инструментами проектирования. Это позволяет оптимизировать проекты, выявить ошибки на ранних стадиях разработки и уменьшить число доработок.

Программа Ultiboard 12.0, окно которой показано на **рис. 2**, предназначена для разработки печатных плат устройств, схемы которых подготовлены и отлажены с помощью Multisim 12.0. Она обладает возможностью автоматизированного размещения компонентов на плате и автоматической трассировки печатных проводников, а также предоставляет разработчикам возможность работать в среде трёхмерного (3D) проектирования, в результате чего печатная плата и её компоненты будут изображаться в наглядном близком к реальному виде. Средства Ultiboard 12.0 позволяют формировать трёхмерные модели компонентов из их плоских топологических данных, хранящихся в библиотеках программы, разрабатывать собственные модели посредством импорта сложных контуров компонентов из механических САПР, а также с помощью специального мастера.

Углублённо ознакомиться с программами Multisim 12.0 и Ultiboard 12.0 можно по фирменным описаниям [1] и [2]. Системные требования и рекомендации по установке этих программ на компьютер представлены в [3].

Все современные компьютерные пакеты сквозного проектирования электронной аппаратуры предполагают ввод принципиальной схемы проектируемого устройства в компьютер с помощью соответствующего редактора. После этого программа генерирует список соединений, необходимый для электронного моделирования. В качестве счётного ядра практически во всех программах такого рода использован разработанный в Калифорнийском университете (г. Беркли, США) программный модуль SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) либо его разновидность. В силу использования единого вычислительного алгоритма практически все программы моделирования электронных устройств представляют собой лишь различные графические оболочки, дающие пользователям доступ к функциям модуля SPICE, а также некоторые дополнительные возможности обработки и представления полученной информации. В программе Multisim 12.0 использованы математические модули и модели компонентов SPICE. В неё встроен эмулятор цифровых компонентов XSPICE, а пакет MCU позволяет включать в эмуляцию смешанной схемы некоторые микроконтроллеры.

Особенность программы Multisim 12.0 — наличие в ней виртуальных из-

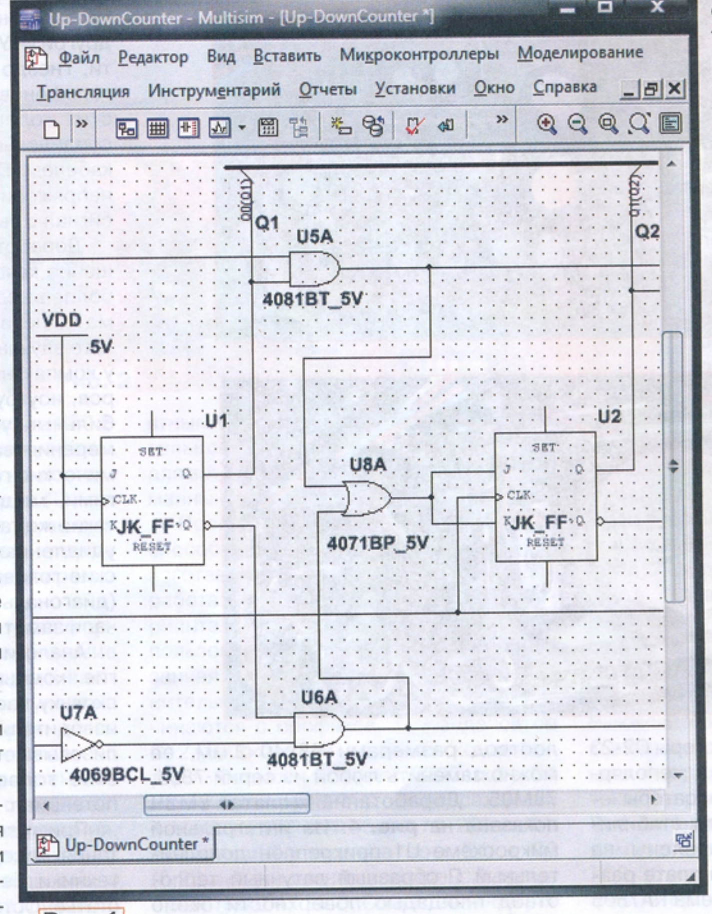


Рис. 1

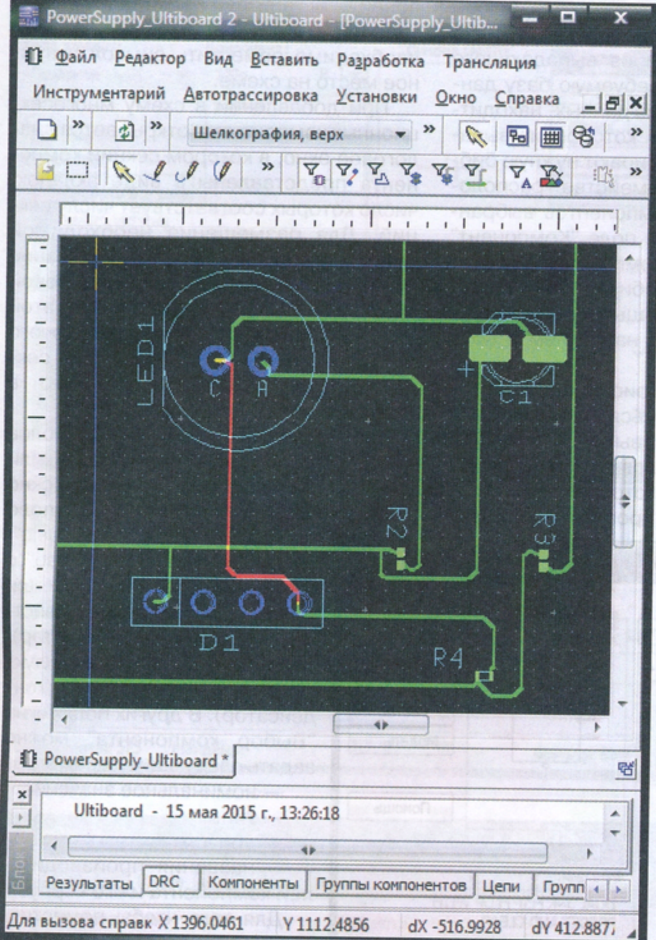


Рис. 2

мерительных приборов, имитирующих реальные аналоги. В неё входят эффективные средства графической обработки результатов моделирования. Ещё одна важная особенность — взаимодействие с графической средой LabVIEW, предназначенной для разработки программно-аппаратных средств измерения и управления.

Необходимые условия для эффективного использования Multisim 12.0 — понимание алгоритмов, реализованных в программе, и знание принципов построения моделей электронных компонентов. Неправильное применение моделей компонентов, ошибочная настройка и использование вычислительных алгоритмов могут привести к получению не соответствующих действительности результатов моделирования. Чтобы избежать этого, читателю рекомендуется ознакомиться с книгой [4].

В Multisim 12.0 можно исследовать переходные процессы, возникающие при воздействии на устройство входных сигналов различной формы. Программа позволяет анализировать работу цифроаналоговых и цифровых устройств большой степени сложности. Имеющиеся в программе библиотеки предоставляют большой набор ши-

База данных:
Основная
Раздел:
All Выбрать все раздел
All Выбрать все разделы
Sources
Basic
Diodes
Transistors
Analog
TTL
CMOS
MCU
Advanced_Peripherals
Misc Digital
Mixed
Indicators
Power
Misc
RF
Electro_Mechanical
Connectors
NI_Components

Рис. 3

роко распространённых электронных компонентов (**рис. 3**). Имеется возможность создавать и подключать новые библиотеки компонентов.

Широкий набор виртуальных приборов позволяет измерять различные величины, задавать входные воздействия, строить графики. Все приборы изображаются на экране в максимально приближённом к реальному виде, поэтому работать с ними просто и удобно.

Multisim 12.0 позволяет расположить схему на экране компьютера таким образом, чтобы были чётко видны все соединения элементов и одновременно вся схема целиком. Библиотеки программы содержат следующие компоненты:

— источники постоянного и переменного напряжения и тока, источники прямоугольных импульсов и сигналов, следующих через определённые промежутки времени, заземление;

— резистор, переменный резистор, конденсатор, переменный конденсатор, катушка индуктивности, катушка переменной индуктивности, трансформатор, ключи, реле, переключатели;

— диод, стабилитрон, светодиод, диодный мост, диод Шотки, симистор;

— транзисторы (биполярный, полевой);

— операционный, дифференциальный, инвертирующий усилители, компаратор;

— цифровые микросхемы ТТЛ;

— цифровые микросхемы КМОП;

— микроконтроллеры (8051, 8052, PIC16F84, PIC16F84A) с возможностью программирования и микросхемы памяти;

— подключаемые внешние устройства (дисплей, терминал, клавиатура);

— таймер, мультивибратор, аналого-цифровой преобразователь;

— звуковые и световые индикаторы;

— разъёмы.

Возможно создание своих моделей компонентов и добавление их в библиотеки.

В набор виртуальных измерительных приборов входят мультиметр, функциональный генератор, ваттметр, двух- и четырехканальный осциллограф, построители вольт-амперных, амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик, частотомер, генератор цифровых слов, логический анализатор, логический преобразователь, измеритель нелинейных искажений, анализатор спектра, токовый пробник.

Функциональный генератор Agilent, мультиметр Agilent, осциллограф Agilent, осциллограф Tektronix — программные модели реально существующих контрольно-измерительных приборов. Например, виртуальный осциллограф Tektronix — программный аналог реального осциллографа Tektronix TDS 2024. Он четырёхканальный. Каждый канал имеет отдельный вход. Имеются также вход внешней синхронизации, контакты компенсации пробника и заземления. Виртуальный осциллограф Agilent — копия реального осциллографа смешанных сигналов Agilent 54622D, объединяющего в себе свойственную осциллографу возможность анализа аналоговых сигналов и свойственную логическому анализатору возможность многоканального анализа временных диаграмм цифровых сигналов. Число каналов — два осциллографических и 16 логических.

Кроме того, в программе имеются виртуальные приборы LabVIEW:

— измеритель характеристик биполярных транзисторов;

— измеритель комплексного сопротивления;

— микрофон;

— громкоговоритель;

— анализатор сигналов;

— генератор сигналов;
— генератор непрерывных сигналов.

Использование в Multisim 12.0 виртуальных приборов — простой и понятный метод взаимодействия с моделью отлаживаемого устройства, почти не отличающийся от традиционного при тестировании или создании радиоэлектронного устройства.

Результаты моделирования можно вывести на принтер или передать в текстовый или графический редактор для их дальнейшей обработки.

Разработка электрической принципиальной схемы с помощью программы Multisim 12.0

Первый этап проектирования любого электронного узла — разработка его принципиальной схемы. На этой стадии выбирают необходимые компоненты из библиотек, размещают их на рабочем поле, соединяют компоненты отдельными проводами и шинами. При необходимости программа Multisim 12.0 позволяет модифицировать свойства компонентов, добавлять текстовые надписи. Multisim 12.0 имеет многооконный интерфейс, что позволяет во время одного сеанса работать с несколькими схемами.

При проектировании узла проектировщик вместе с техническим заданием обычно получает его исходную электрическую схему на бумаге. На ней изображены символы компонентов, электрические связи между ними, текстовая информация, таблицы, буквенно-цифровые обозначения и основные надписи. После создания пустого электронного листа схемы его нужно заполнить необходимыми символами компонентов из библиотек Multisim 12.0.

По умолчанию, пустой лист схемы создаётся при запуске программы. Создать его можно и с помощью команды "Файл→Новый→Создать схему". С программой Multisim 12.0 поставляется набор примеров электрических схем. Открывают их с помощью команды "Файл→Открыть примеры". При необходимости эти схемы могут быть модифицированы под конкретную задачу.

Выбрать из базы данных символы компонентов для последующего их размещения в рабочей области можно в окне "Выбор компонента" (**рис. 4**), которое открывают командой основного меню "Вставить→Компонент".

В левой верхней части окна "Выбор компонента" расположено меню "База данных", в котором из выпадающего списка выбирают требуемую базу данных. Ниже меню "База данных" находится меню "Раздел", в котором из выпадающего списка выбирают нужную библиотеку. В поле "Семейство" расположены семейства компонентов выбранной библиотеки, а в поле "Компонент" отображаются все компоненты выбранного семейства. Выбирают компонент выделением с помощью левой кнопки мыши строки с его названием в поле "Компонент".

Для ускорения поиска компонентов можно воспользоваться строкой фильтра. После того как выбор компонента произведён, его условное графическое обозначение будет отображено в поле предварительного просмотра "Символ (ANSI)". Для того чтобы поместить выбранный компонент на схему, необходимо в окне "Выбор компонента" нажать на экранную кнопку "ОК", после чего это окно закроется, а символ компонента останется "прикреплённым" к курсору мыши, с помощью которой необходимо поместить символ в нужное место на схеме.

Рис. 4

Рис. 5

При добавлении в схему многосекционных компонентов открывается диалоговое окно, в котором секции компонента представлены в виде вкладок, число которых соответствует числу секций. Для размещения необходимой секции на схеме выберите её название на панели секций с помощью левой кнопки мыши, а затем щёлкните этой кнопкой в необходимом месте рабочего поля программы (**рис. 5**). Другие секции того же компонента добавляют в схему аналогичным способом.

Для размещения на схеме символов резистора, катушки индуктивности или конденсатора необходимо открыть окно "Выбор компонента" (**рис. 6**) и в поле "Раздел" выбрать пункт "Basic", а затем в поле "Семейство" с помощью левой кнопки мыши выбрать необходимое семейство: "RESISTOR" (резистор), "INDUCTOR" (катушка индуктивности), "CAPACITOR" (конденсатор). В других полях окна "Выбор компонента" можно задать следующие параметры:
— номинальное значение;
— тип;
— допуск;
— названия производителей компонента и его корпуса.

Для того чтобы поместить выбранный компонент на схему, нажмите в окне "Выбор компонента" на экранную кнопку "ОК". Если схема предназначена только для моделирования и дальнейшее проектирование печатной платы устройства по этой схеме с помощью программы Ultiboard 12.0 не предполагается, то в поле "Тип компонента" можно указать значение "<no type>". Если в списке, выпадающем в поле "Допуск (%)", отсутствует необходимое значение, то его можно вписать вручную. Поле "Ссылка" предназначено для интернет-адреса производителя компонента.

Расположение символов компонентов на схеме можно изменять — поворачивать, отражать зеркально. Если в этом возникла необходимость, выделите нужный символ мышью при нажатой левой кнопке, а её правой кнопкой вызовите контекстное меню, в котором выберите необходимую команду:

"Развернуть по горизонтали" (Alt+X) — зеркально отразить выбранный символ по горизонтали;

"Развернуть по вертикали" (Alt+Y) — зеркально отразить выбранный символ по вертикали;

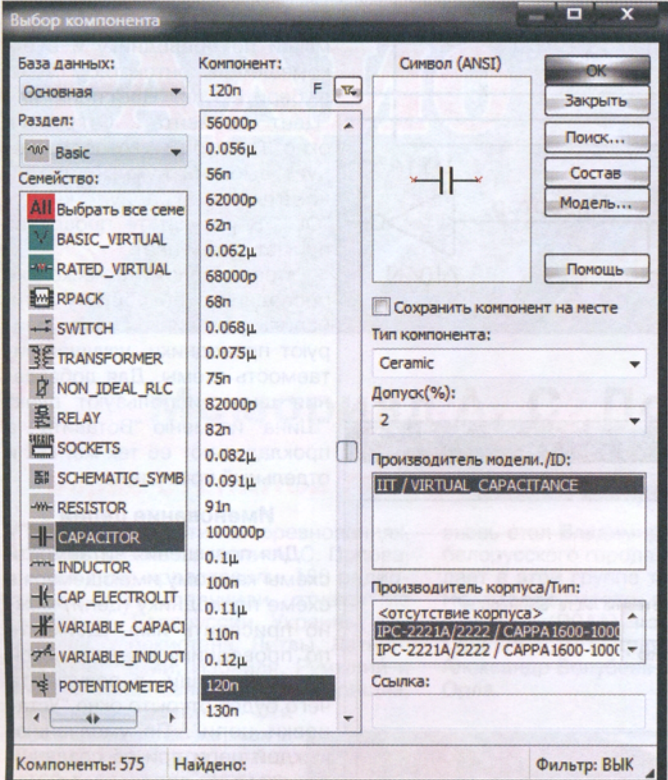


Рис. 6

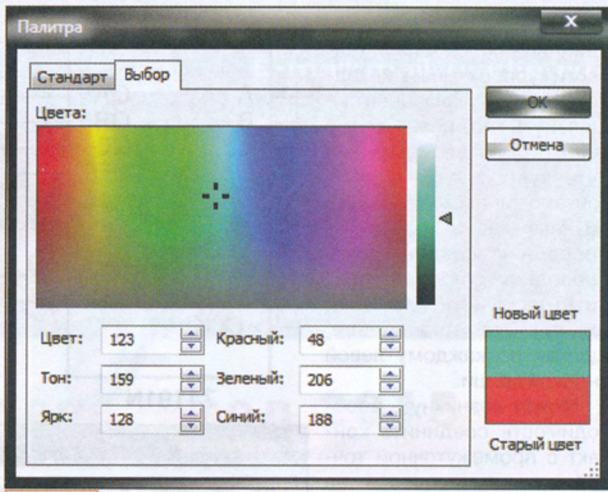


Рис. 8

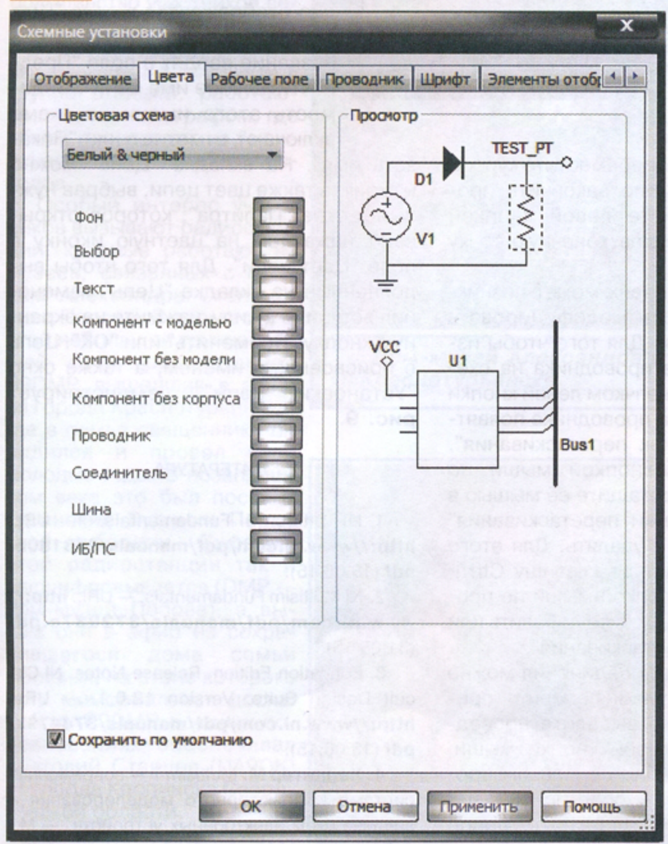


Рис. 7

"90 по часовой" (Ctrl+R) — повернуть выбранный символ на 90° по часовой стрелке;

"90 против часовой" (Ctrl+ +Shift+R) — повернуть выбранный символ на 90° против часовой стрелки.

В скобках указаны комбинации клавиш, выполняющие те же операции, что и выбор пунктов меню.

В Multisim 12.0 имеется возможность заменять уже размещённые в рабочем поле компоненты другими. Для этого нужно щёлкнуть левой кнопкой мыши по символу компонента, который следует заменить, вызвать с помощью правой кнопки мыши контекстное меню и выбрать в нём команду "Заменить компонент". В результате этого будет открыто окно "Выбор компонента", в котором необходимо выбрать новый компонент и нажать на экранную кнопку "ОК". Замена будет выполнена. Однако провода, соединявшие заменённый символ с другими элементами схемы, исчезнут. Их придётся восстанавливать.

Управление цветом рабочего поля и объектов схемы

Multisim 12.0 позволяет разработчику управлять цветом рабочего поля программы. По умолчанию, цвет его фона белый. Изменить цвет фона можно в окне "Схемные установки", которое открывают с помощью пункта меню "Установки→Схемные установки". В этом окне переходят на вкладку "Цвета" (**рис. 7**) и в поле "Цветовая схема" из выпадающего списка выбирают один из пунктов: "Чёрное поле", "Белое поле", "Белый & чёрный", "Чёрный & белый", "Выбрать". Если установлено значение "Выбрать", появляется возможность управлять не только цветом фона рабочего поля программы, но и выбирать цвета следующих объектов:

— текст;
— компонент с моделью;
— компонент без модели;
— компонент без корпуса;
— проводник;
— соединитель;
— выбор (штриховая линия выделения объектов схемы);
— шина;
— ИБ/ПС (иерархический блок/подсхема).

Цвет устанавливают нажатием на цветную иконку рядом с названием объекта, цвет которого нужно изменить, и выбором необходимого цвета в окне "Палитра" (**рис. 8**). При этом цветные иконки отображают текущий цвет объектов. Чтобы внесённые изменения вступили в силу, нажмите на экранную кнопку "Применить" или "ОК" в окне "Схемные установки".

Соединяют компоненты схемы между собой проводниками и шинами. Для этого выбирают в меню "Вставить" команду "Проводник" или "Шина". После этого курсор приобретает вид креста. Соединение компонентов может быть произведено автоматически, примыканием или вручную.

Для автоматического соединения необходимо подвести курсор мыши к исходному контакту компонента и щёлкнуть по нему левой кнопкой, затем передвинуть курсор к конечному контакту и также щёлкнуть по нему левой кнопкой — проводник создан. Если проводник должен соединить несколько контактов, их обходят поочерёдно, щёлкая по каждому левой кнопкой мыши.

Может возникнуть необходимость соединить контакт с промежуточной точкой уже имеющегося на схеме проводника. В таком случае, выбрав исходный контакт, подводят курсор к нужной точке соединения и щёлкают по нему левой кнопкой. Проводники соединятся, а место их соединения будет отмечено точкой.

Контакты двух элементов можно соединить и примыканием. Для этого переместите присоединяемый символ так, чтобы конец его входного контакта коснулся выходного контакта компонента, с которым он должен быть соединён. В месте касания появится точка, сигнализирующая, что контакты соединены. Щёлкните левой кнопкой мыши для подтверждения соединения, а затем перетащите мышью присоединённый символ в нужное место рабочего окна. Проводник при этом потянется за перемещаемым символом компонента.

Для соединения контактов компонентов вручную выберите в меню "Вставить" пункт "Проводник" и щёлкните левой кнопкой мыши по первому соединяемому контакту. Курсор приобретёт вид креста. При перемещении курсора за ним потянется провод. Его можно прокладывать по схеме необходимым образом, щёлкая левой кнопкой мыши в местах поворотов. При этом символы компонентов, с которыми нет соединения, автоматически обходятся. Этот способ рекомендуется для прокладки проводников по сложным маршрутам. В одной и той же схеме можно использовать различные способы соединения.

Для большей гибкости можно начинать и заканчивать соединение в "воздухе", т. е. без прикрепления проводника к контактам символов компонентов. Выберите в меню "Вставить" пункт "Проводник", щёлкните левой кнопкой мыши в произвольной точке рабочего поля (этим будет создана начальная точка соединения), переместите курсор туда, где необходимо закончить проводник, и щёлкните левой кнопкой мыши дважды, создав конечную точку соединения.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость модифицировать трассу соединения. Для того чтобы изменить положение проводника на схеме, выделите его щелчком левой кнопки мыши. При этом на проводнике появятся несколько "точек перетаскивания". Щёлкните левой кнопкой мыши по одной из них и перетащите её мышью в другое место. "Точки перетаскивания" можно добавлять и удалять. Для этого нажмите на клавиатуре клавишу Ctrl и щёлкните левой кнопкой мыши по проводнику там, где вы хотите добавить или удалить "точку перетаскивания".

Изменить трассу соединения можно и путём перемещения сегмента проводника. Для этого выделите проводник с помощью левой кнопки мыши, поместите курсор над сегментом проводника (при этом курсор примет вид двойной стрелки), щёлкните левой кнопкой мыши по выделенному сегменту и переместите его мышью, меняя трассу соединения.

Для того чтобы изменить цвет проводника или сегмента проводника, щёлкните правой кнопкой мыши по проводнику и в открывшемся контекстном меню выберите пункт "Цвет цепи" или "Цвет сегмента". Откроется окно "Палитра", в котором следует выбрать нужный цвет и нажать на экранную кнопку "ОК". В результате проводник примет новый цвет.

Чтобы проложить несколько проводников по общему пути, используют шины. Они группируют проводники, улучшая читаемость схемы. Для добавления шины используют пункт "Шина" из меню "Вставить", а прокладывают её так же, как и отдельный проводник.

Именование цепей

Для повышения читаемости схемы каждому имеющемуся в схеме проводнику (цепи) можно присвоить имя. Щёлкните по проводнику дважды левой кнопкой мыши, в результате чего будет открыто окно "Установки цепи". По умолчанию, каждой цепи при её создании программа присваивает наименование автоматически, и оно отображается в поле "Имя цепи" на вкладке "Цепь". Новое название вводят в поле "Предпочтительное имя цепи". Видимость этого имени на схеме включают, отметив пункт "Показать имя". На вкладке "Цепь" можно изменить также цвет цепи, выбрав нужный в окне "Палитра", которое открывают нажатием на цветную иконку в поле "Цвет цепи". Для того чтобы выполненные на вкладке "Цепь" изменения вступили в силу, нажмите на экранную кнопку "Применить" или "ОК". Цепь с присвоенным именем, а также окно "Установки цепи" демонстрирует **рис. 9**.

U10
15 A
1 B
10 C
9 D
QA 3
QB 2
QC 6
QD 7
4 ~CTEN
11 ~LOAD
5 ~U/D
~RCO 13
MAX/MIN 12
14 CLK
74191N
U11A
Инвертор
7404N

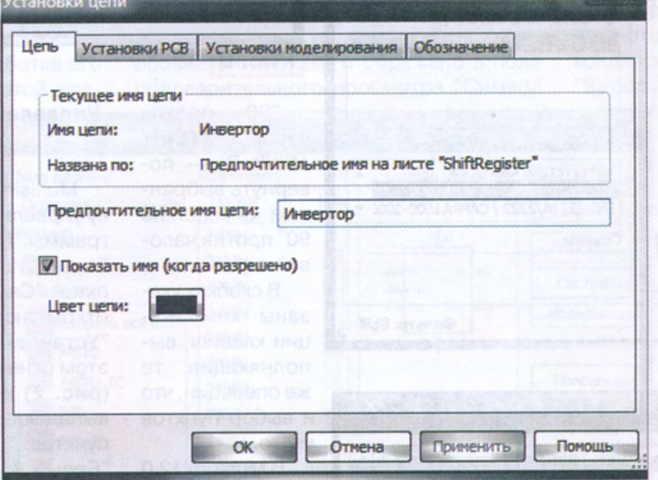


Рис. 9

ЛИТЕРАТУРА

1. NI Ultiboard Fundamentals. — URL: **http://www.ni.com/pdf/manuals/373180b.pdf** (13.06.15).

2. NI Multisim Fundamentals. — URL: **http://www.ni.com/pdf/manuals/372937c.pdf** (31.05.15).

3. Education Edition. Release Notes. NI Circuit Design Suite. Version 12.0.1. — URL: **http://www.ni.com/pdf/manuals/374479k.pdf** (13.06.15).

4. **Хернитер М.** Multisim 7 — современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. — М.: ДКМ-пресс, 2006. — URL: **http://www.velib.com/read_pdf/838FC8665166BA9DB62D7BB2912E238E/** (13.06.15).

(Продолжение следует)

Мемориал А. С. Попова — год 2015

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

Отчёты об участии в соревнованиях, посвящённых памяти А. С. Попова, в этом году представили 180 радиостанций. Мы получили отчёты из 11 стран — Белоруссии, Украины, Казахстана, Узбекистана, Литвы, Латвии, Болгарии, Чехии, Израиля, Румынии и Японии. Но основная их масса пришла, конечно, от россиян. Эти соревнования так же, как и "Старый Новый год", относятся к разряду "русскоязычных" — подавляющее большинство участников ведут голосовой обмен на русском языке. Поэтому "DX" в них участвуют в основном в группе станций, работающих только телеграфом, где обмен происходит на "международном языке" радиокодов.

Особый интерес участников вызывают радиостанции, которые работают из музеев, связанных с именем Александра Степановича Попова. В этом году в этой небольшой группе лучшей была радиостанция R9DMP, вышедшая в эфир из города Краснотурьинска, где в семье священника он родился и провёл свои молодые годы. В позапрошлом веке это был посёлок Туринские Рудники Пермской губернии. Суффикс этой радиостанции так и расшифровывается (DMP — дом-музей Попова), а вышла она в эфир из сохранившегося дома семьи Поповых, на стене которого есть мемориальная доска. Работу R9DMP в наших соревнованиях обеспечивал Анатолий Старцев (UA9CK) из города Карпинска Свердловской области.

Удивительное дело, но во всех трёх группах станций с одним оператором первые места завоевали те же участники, что и в прошлом году. У "телеграфистов" лучшим вновь стал Владимир Штин (EW8EW) из белорусского города Гомеля. Он побеждает в этой группе третий год подряд! На второе место вышел Александр Смахтин (R0AA) из города Ачинска Красноярского края, а на третье — Александр Волубеев (RK3ER) из города Орла.



Дом-музей Александра Степановича Попова в Краснотурьинске.



Анатолий Старцев (UA9CK) на радиостанции R9DMP.

У "телефонистов" победил Алексей Попов (RC6U) из посёлка Лиман Астраханской области. На втором месте здесь Леонид Георгиеш (RA9JBA) из Нижневартовска Ханты-Мансийского автономного округа, а на третьем — Александр Ягулов (RA3RBL) из города Рассказово Тамбовской области.

Сергей Карабут (R7AW) из станицы Выселки Краснодарского края был лучшим среди тех, кто работал телеграфом и телефоном. Второе место в этой группе занял Анатолий Медов (R3EC) из города Орла, а на третье место вышел Александр Солонецкий (RT8O) из города Новосибирска.

В группе радиостанций с несколькими операторами на первое место вышла украинская "коллективка" US2E из города Днепродзержинска. Её операторами были Алексей Горжий, Павел Косушкин и Егор Николаев. На втором месте — команда радиостанции RK3PWR из посёлка Спицинский Тульской области. В неё входили Елизавета и Анастасия Полищук, а также Геннадий Раевский. Третье место заняла команда экспедиционной радиостанции RC9XM/1. Она работала в соревнованиях из Ненецкого автономного округа. В эту экспедицию выезжали Андрей Перваков (R9XC) и Дмитрий Бурунин (R8XW).

Лучшей в молодёжной группе была Екатерина Иванова (RZ9UMA) из города Прокопьевска Кемеровской области. Катя отнюдь не новичок в радиоспорте, и её победа не случайна. Вот что она написала нам в своей "радиобиографии":

"В радио я пришла благодаря моему папе (RZ9UO) и Александру Семёновичу (UA9UAU), начальнику коллективной радиостанции

RZ9UWZ в посёлке Каз. В 2010 г. освоила телеграф и получила личный позывной. Три года назад мы с семьёй поменяли QTH и сейчас работаем в эфире с домашней позиции в городе Прокопьевске. На сегодня в моём логе около 20 тысяч QSO на КВ и УКВ. Имею много дипломов медалей и плакеток за контесты. Также принимала участие в работе мемориальными позывными RT22UA и RP70KM от Новокузнецкого радиоклуба.

Но моё любимое направление в радио — это скоростная радиотелеграфия. Я член сборной России по этому виду спорта и в этом году уже третий раз поеду с командой на чемпионат мира. Моё лучшее достижение — это четыре "серебра" и одна "бронза" в прошлом году на чемпионате Европы. Этого я добилась благодаря моему тренеру Александру Георгиевичу (RU9UR) и моему папе."

Среди молодёжных команд в этих соревнованиях лучшей была команда коллективной радиостанции UD3D общеобразовательной школы № 2 из подмосковного городского поселения Белоомут. В неё входили Ирина Евстегнеева, Светлана Трубачеева, Анна Дикарева и Анна Никитина.



Екатерина Иванова (RZ9UMA).

По федеральным округам страны лучшие результаты среди радиостанций с одним (группа MIXED) и с несколькими операторами показали:

— R1AL и RC9XM/1 (Северо-Западный федеральный округ);

— R3EC и RK3PWR (Центральный федеральный округ);

— R7AW и RZ6LWY (Южный федеральный округ);

— RT8O и RW0S (Сибирский федеральный округ);

— RX9AF и RZ9AWA (Уральский федеральный округ);

— RX4YY и RO9T (Приволжский федеральный округ);

— UA7G (Северо-Кавказский федеральный округ).

У иностранных участников этих соревнований впереди UN8PT и коллектив US2E.

Как и в прошлом году, российские спортсмены, показавшие лучшие результаты по федеральным округам страны, и лучшие среди иностранных участников будут отмечены памятными плакетками Минкомсвязи РФ и ФГУП "ГРЧЦ".

Мы приводим здесь "десятки сильнейших" для всех зачётных групп (место, позывной, число связей, результат), а полные итоги всех участников размещены по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/2015-6-1.shtml** на нашем сайте.

SINGLE-OP CW

1	EW8EW	236	9672
2	R0AA	223	8871
3	RK3ER	221	8513
4	UA9JLL	206	8181
5	UA1AFT	197	8150
6	RW9JD	194	7562
7	UK8AR	185	7288
8	RA7R	177	7216
9	UA2FL	181	7116
10	UA3RF	174	7109

SINGLE-OP SSB

1	RC6U	153	4579
2	RA9JBA	109	3323
3	RA3RBL	100	2921
4	RT9TM	92	2870
5	UA4HEZ	89	2593
6	RA0UBI	87	2540
7	RU1ZC	85	2470
8	UA9OME	68	2387
9	UA4NDX	95	2383
10	R9OAZ	75	2147

SINGLE-OP MIXED

1	R7AW	309	11166
2	R3EC	271	9822
3	RT8O	249	9176
4	RA1AL	223	8819
5	R7MM	218	7908
6	UN8PT	210	7891
7	RX9AF	197	7642
8	RA3NC	186	7217
9	UT7NW	189	7040
10	R4YY	192	6958

MULTI-OP

1	US2E	117	5126
2	RK3PWR	144	4936
3	RC9XM/1	105	3969
4	RK3WWB	104	3709
5	R3CC	94	3407
6	RO9T	117	3302
7	RC9FC	92	2606
8	RW0S	61	2177
9	RZ6LWY	51	1646
10	R3MAI	42	1297

JR SINGLE-OP

1	RZ9UMA	219	8230
2	R8UA	90	2999
3	RC1QA	90	2587
4	RN9T	92	2321

JR MULTI-OP

1	UD3D	217	7401
2	RZ9UWZ	183	6179
3	RA9UWD	166	5805
4	RZ9AWA	129	3526
5	UN8LWZ	108	3320
6	RK3DXW	99	3155
7	RK9CYA	106	3135
8	RM3X	89	2281
9	RC9MAA	73	2062
10	RA9FWB	49	1262

POPOV MUSEUM

1	R9DMP	108	3940
2	RK1A	83	3125
3	R120RDP	77	2092
4	RK1B	34	1489

Контрольные номера — 73 и 88!

В "женско-мужских" дружеских соревнованиях участники передают своим корреспондентам в контрольном номере простые и понятные цифры из радиолюбительского кода. У участниц — это 88 ("любовь и поцелуи"), а у участников — это 73 ("наилучшие пожелания"). А в целом эти небольшие дружеские соревнования ставят своей целью поддержать активность в эфире немногочисленных, увы, представительниц прекрасного пола.

Наш YL-OM CONTEST в этом году прошёл на том же уровне, что и в прошлом году. В "женской" его части в группе станций с одним оператором лучшей была Александра Стратинская (R9SAB) из города Орска Оренбургской области, которая в минувшем году заняла второе место. В группе радиостанций с несколькими операторами — команда радиостанции UD3D из подмосковного посёлка Белоомут, которая также была второй год назад. В составе её команды в этот раз были Ирина Евстегнеева, Анна Дикарева и Полина Массерова. Надо отметить, что коллектив этой школьной радиостанции принимает участие в большинстве наших соревнований.

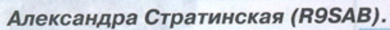
В группе "поддержки" (мужчины) на первое место вышли Николай Орехов (RL4A) из села Каменный Брод Волгоградской области и команда радиостанции RZ9AWA из города Пласт Челябинской области, в составе которой выступали Артём Горовенко, Салават Исенгильдин и Владимир Кондратьев.

Среди наблюдателей лучшей была Татьяна Коняева (R3D-88-PU) из посёлка Лоза Московской области.

По традиции, все участницы этих соревнований получают контест-дипломы редакции журнала "Радио" (начиная с этого года они в электронном виде).

Результаты лидеров этих соревнований приведены в **таблице** по зачётным группам (место, позывной и результат), а всех участников — по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/rezult/2015-3-9.shtml** на нашем сайте.





Александра Стратинская (R9SAB).



Команда UD3D — Полина Массерова, Анна Дикарева и Ирина Евстегнеева.

Итоги YL-OM CONTEST 2015

SINGLE-OP YL

1	R9SAB	110
2	RA3SAE	78
3	RZ9UMA	78
4	RK9CYA	76
5	R4AAT	75
6	UX7FD	69
7	RZ9UWZ	67
8	RU3XY	64
9	RK9KWI	57
10	RK3VA	53

MULTI-OP YL

1	UD3D	104
2	RO9T	86
3	RK4HYT	81
4	UN8LWZ	74
5	RK4W	73
6	RK3ZWZ	45
7	UA5Y	43
8	RK3SAI	39
9	RZ3DZI	39
10	RZ6LWY	30

SINGLE-OP OM

1	RL4A	33
2	RK3NWA	32
3	R4FD	30
4	RM5O	29
5	RV9CVA	29
6	RT9TM	28
7	R4YY	28
8	RV3V	27
9	RU3QM	27
10	RT5C	26

MULTI-OP OM

1	RZ9AWA	32
2	RA9UWD	28
3	RK0AWQ	16
4	RK0SXR	15
5	RK3VXL	14
6	R2DBC	10
7	RK0SZZ	10
8	RK3WWA	4

SWL

1	R3D-88-PU	6
2	SP4-208	3

SK

Не стало **Юрия Васильевича Кропотова**, внештатного сотрудника Росвоенцентра при Правительстве РФ. Он не был коротковолновиком, но дружил со многими нашими коллегами и оказывал большую помощь Союзу радиолюбителей России, Союзу радиолюбителей Вооружённых Сил и журналу "Радио" в проведении патриотических мероприятий — мемориалов, радиоэкспедиций и соревнований. Нам теперь будет не хватать его активной жизненной позиции, практической поддержки отечественного радиолюбительства...



"Три кита" телеграфной классики

Валерий ПАХОМОВ (UA3AO), г. Москва

Радиолюбители, увлечённые CW, конечно, знают, что классика искусства передачи сообщений кодом Морзе представлена тремя типами ключей — ключ Морзе, двухсторонний ключ и полуавтоматический механический ключ (Vibroplex, виброплекс).

Подробные сведения о "предках" этих ключей можно узнать из статьи "Эволюция телеграфного ключа от Альфреда Вейла до наших дней" на сайте Радиомузея РКК в разделе "Коллекции друзей" (**http://www.rkk-museum.ru/collections/pakhomov/images/1504.pdf**).

Окончание.
Начало см. на 2-й с. обложки

Особый интерес, конечно же, представляет история появления виброплекса в начале XX века, который позволял передавать некоторое число точек одним нажатием. В 1903 г. американец Хорес Мартин (Horace G. Martin) разработал первый полуавтоматический ключ, названный "Autoplex". Он получил на него патент, и этот ключ выпускался компанией United Electric Company of Norcross в течение нескольких лет. Подчеркну, что к тому моменту, как Мартин изобрёл знаменитый виброплекс, он уже был телеграфистом, причём одним из лучших в Соединённых Штатах. Так в 1898 г. в США были проведены "Большие Национальные Телеграфные соревнования", по итогам которых он был признан лучшим телеграфистом страны.

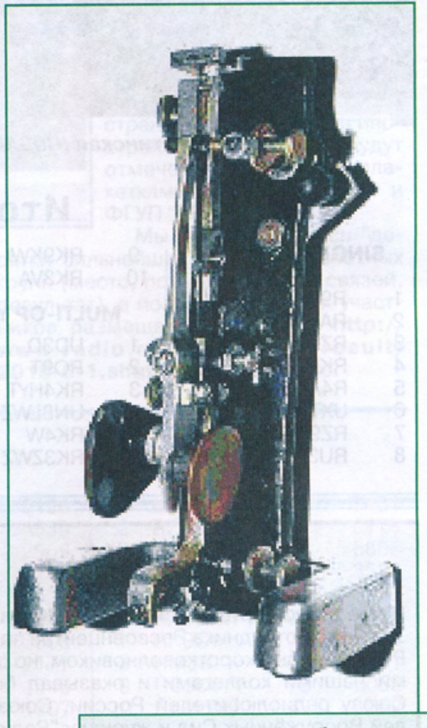


Осциллограмма сигнала виброплекса.



Электромеханический виброплекс.

В его конструкции для автоматической передачи точек использовался электромагнит, но Мартин стремился создать и чисто механический инструмент. В 1904 г. он блестяще решает эту задачу. Контакт точек в первой модели был выполнен в виде прямой металлической полоски, которую в 1906 г. Мартин заменил на U-образный пружинящий контакт, ставший впоследствии деталью любого полуавтомата.



Вертикальный виброплекс.

Однако U-контакт представляет собой маленький камертон с определённой частотой резонанса, которая проявляется как дребезг от соударения с ответным фиксированным контактом, что придаёт сигналу характерную окраску. Этот дребезг на фронте сигнала точки можно увидеть на экране осциллографа. Он не создаёт каких-либо трудностей при приёме, и при желании его легко устранить с помощью стабилизатора точек, что и сделал Мак Элрой в разработанной им модели полуавтомата Deluxe.

Продолжая работу над совершенствованием виброплекса, Мартин разработал модель с весьма сложной кинематикой, в которой был один общий для точек и тире контакт — модель 1911 г. (Vibroplex X).

В телеграфных бюро различных организаций на рабочем месте телеграфиста имелся штатный телеграфный ключ, но телеграфисты, как правило, приходили на работу со своим ключом. Это, конечно же, был виброплекс, и отношение к нему было особое, бережное. Переносили его в специальном кейсе, защищавшем от случай-

ных ударов, которые могли привести его в негодность. На офисном рабочем столе телеграфиста, как правило, находились расходуемые материалы, пишущая машинка, клопфер с резонатором (устройство для слухового приёма), штатный ключ, так что свободного места там не было. А как же установить свой виброплекс? Так вот, для решения этой проблемы Мартин создаёт Vertical Bug, в основу которого он заложил модель Vibroplex X.

В начале Второй мировой войны перед Корпусом связи военного ведомства США встал вопрос выбора модели виброплекса для использования в вооружённых силах, в том числе и на флоте. Выбор пал на модель Vibroplex 6.

Эта модель после незначительного упрощения получила название J-36, и производство её, кроме Vibroplex Co, было поручено ещё и компаниям Bunnell Co и Lionel Co. В ВМФ США разрешалось работать виброплексом с корабля только при наличии специального сертификата, который можно было получить, сдав экзамен по установленной программе. К такому экзамену мог быть допущен оператор, умевший качественно передавать на простом ключе 120 знаков в минуту.

У нас в стране радиолюбители начали использовать виброплексы в 30-е годы прошлого века. В журнале "Радиофронт" и других радиолюбительских изданиях были опубликованы статьи, рассказывающие о том, как работать на них, и описания конструкций самодельных виброплексов.

Во время Великой Отечественной войны виброплекс нашёл применение в спецрадиослужбах СССР. Московский завод "Электроприбор" выпустил под спецзаказ некоторое количество модифицированных ключей этого типа. Модификация сводилась к оснащению полуавтомата второй ручкой, которая позволяла заметно повысить скорость передачи и повысить качество.

А такая модификация была просто необходима, так как практически полностью устраняла "почерк" в передаче радиста. Выявление почерковых признаков было одной из важнейших задач радиоконтрразведки Гестапо. По ним можно было с высокой степенью достоверности определять местоположение или перемещение войсковых частей или групп. Вторая ручка позволяла передавать последовательность "тире" с равномерностью, близкой к автоматической передаче. Такие "двурукие" полуавтоматы применялись на линиях связи спецслужб СССР ещё многие годы — до конца 80-х годов прошлого столетия. После некоторой тренировки скорость передачи на них до 200 знаков в минуту была вполне доступна.

Демонстрацию работы на модифицированных полуавтоматах можно увидеть и послушать на YouTube (**http://www.youtube.com/watch?v=9g6z7-d1fil**).

Про ключи и телеграфистов

Вот какую интересную историю рассказал нам Валерий Пахомов (UA3AO). В мае состоялся слёт московских радиолюбителей, который прошёл в Подмосковье в районе Наро-Фоминска. На этом слёте вышла в эфир клубная станция RK3CQ. Многие участники слёта заходили поработать на ней, а также посмотреть и "покрутить" технику. И, конечно, дети, которых на слёте было немало. Вопросы они задавали интересные...

Как-то пришли сразу несколько подростков (возраст — лет десять—двенадцать) в сопровождении Олега Преловского (UA5B). Это были его ученики-телеграфисты, которые, оказывается, уже и SWL-позывные имели, и опыт работы в соревнованиях.

Мальчик представился — Артём и сразу задал вопрос: "Валерий Алексеевич, а вы можете нам что-нибудь передать?". "Могу, конечно!" — ответил я и начал — CQ CQ DE UA3AO UA3AO... "А побыстрее-то можете?" — спросил Артём.



Олег Преловский (UA5B) и его ученики — Елизавета Ивахненко (R3D-012NF), Ксения Емельянова (R3D-011NF), Артём Мелькин (R3D-015NF).

Скорость была приличная — примерно 120—130 знаков в минуту. Я подумал, что ослышался и спросил: "А сколько вам нужно?" А в ответ прозвучало: "А сколько вы можете?" Решил проверить его умение принимать морзянку на скорости 200 знаков. Сразу передаю контрольный вопрос: "Как тебя зовут?" Он отвечает и тут же спрашивает: "А ещё быстрее можете?" Этим вопросом малыш повергнул меня в восторженно-обморочное состояние! Закончили мы это замечательное знакомство где-то на скорости 250 знаков в минуту...

Ребята обучаются в Творческом объединении "Любительская радиосвязь" Дома детского творчества № 4 (посёлок Селятино) на базе школы № 3 посёлка Апрелевка.

Они принимали участие в Кубках и чемпионатах России 2014—2015 годов по скоростной радиотелеграфии, многоборью радистов и по радиосвязи на КВ и УКВ, а также участвовали в составе очной молодёжной команды в ОЗЧР-2014!

Когда этот материал готовился к печати, пришло сообщение — Артёму Мелькину за достижения в радиоспорте присуждена именная стипендия Губернатора Московской области!

"РАДИО" — О СВЯЗИ

Узел питания сетки лампы в усилителях мощности

Валерий ТКАЧ (RW9SJ), г. Кувандык Оренбургской обл.

При конструировании коротковолновых усилителей мощности на тетродах ГУ-70Б, ГУ-74Б, ГУ-43Б с левосторонней анодно-сеточной характеристикой, работающих без токов первой сетки, особое внимание должно быть уделено поддержанию стабильного напряжения смещения на управляющей сетке лампы. Это требование также справедливо и для сохранения режима работы лампы на линейном участке характеристики.

Предлагаемый узел выполняет функции стабилизатора напряжения смещения управляющей сетки, индикатора появления сеточного тока, формирователя задержки открывания лампы и усилителя управляющего сигнала ALC.

Схема узла показана на **рис. 1**. Стабилизатор питания управляющей сетки с регулируемым выходным напряжением выполнен на стабилитроне VD3 и эмиттерном повторителе на транзисторе VT1. Для улучшения динамических характеристик и уменьшения температурного дрейфа стабилизатора последовательно со стабилитроном VD3 включён стабистор (низковольтный стабилитрон) VD2. Достоинство применения эмиттерного повторителя на транзисторе VT1 в том, что плавная регулировка напряжения смещения может осуществляться практически любым подходящим маломощным подстроечным резистором. Ток, протекающий через резистор R4, минимальный, и к резистору не предъявляются особые требования.

В пассивном режиме усилителя (приём сигнала — RX) напряжение от выпрямителя VD1, C1 (–110...–120 В) через резисторы R2—R7 поступает на вывод 7 платы и далее на управляющую сетку лампы. При этом напряжении лампа надёжно закрыта. При переводе усилителя в активный режим (TX) вывод 5 платы подключается к общему проводу. Через параметрический стабилизатор R2, VD3, VD2 и эмиттерный повторитель VT1 потечёт ток, и напряжение на выводе 7 станет равным напряжению на эмиттере VT1, которое, в свою очередь, определяется делителем на резисторах R3—R5. При указанных на схеме номиналах резисторов выходное напряжение стабилизатора можно регулировать в интервале –36...–56 В, который выбран для лампы ГУ-43Б. Для других типов ламп, требующих иное напряжение смещения, пределы регулировки можно скорректировать изменением соотношений номиналов резисторов делителя, сохранив приблизительно то же его суммарное сопротивление.

Применение стабилизатора последовательного типа в сравнении с параллельным стабилизатором имеет преимущество в том, что при случайной подаче на сетку лампы модулирующего сигнала с амплитудой, превышающей напряжение смещения, лампа переходит в режим полуавтоматического смещения, которое, в свою очередь, ограничивает рассеиваемую управляющей сеткой мощность. Высокочастотное напряжение, превышающее напряжение смещения, детектируется на участке сетка—катод и складывается с напряжением цепи R7, R6. Напряжение на резисторах R7, R6 увеличивается, происходит подзакрывание лампы и уменьшение рассеиваемой первой сеткой мощности.

Рис. 1

Цепь R8, VD4, C3 формирует задержку открывания лампы при переводе усилителя в активный режим (TX). Наличие этой цепи существенно упрощает схему коммутации RX/TX (MOX). В режиме RX напряжение в точке подключения цепи к эмиттеру транзистора VT1 равно запирающему лампу напряжению, и конденсатор C3 через диод VD4 заряжен до этого напряжения. При переводе усилителя в режим TX напряжение на эмиттере VT1 уменьшается до напряжения смещения лампы, диод VD4 оказывается закрытым и конденсатор C3 разряжается через цепь R8, R6, K1.1. Время разрядки определяется номиналами элементов R8, R6, C3. Напряжение смещения на сетке лампы благодаря этой цепи появляется не скачком, а плавно выводит лампу на рабочий режим. При этом устраняется воздействие на сетку лампы возможного дребезга контактов реле и обеспечивается задержка открывания лампы на время переключения всех реле системы MOX. Поскольку конденсатор C3 всегда заряжен как минимум до напряжения смещения, его перезарядка происходит более линейно, чем если бы он в процессе перезарядки был разряжен до 0 В.

Расчёт времени задержки открывания лампы следует сделать для самого "тихоходного" в системе реле, чтобы все реле в усилителе успели переключиться. Формула для расчёта:

$$T = 2{,}2RC - \left(\frac{U_m}{U_{см}} - 2{,}2\right)RC,$$

где T — время задержки, мс; R — сопротивление, кОм; C — ёмкость, мкФ; U_m — напряжение источника питания, В; $U_{см}$ — начальное напряжение (напряжение смещения) на конденсаторе C3, В.

Поскольку разрядка конденсатора C3 при переключении в режим TX происходит через резисторы R8 и R6, в формулу расчёта следует подставлять их суммарное значение R = R8 + R6. Аналогично можно рассчитать время зарядки конденсатора C3 при переводе усилителя в режим RX, где суммарное сопротивление R = R2+R3+R4+R5+R6+R8. Как видно, перезарядка конденсатора произойдёт значительно медленнее, но этот параметр несущественен, так как напряжение, закрывающее лампу, приложится к управляющей сетке значительно раньше. Полная перезарядка конденсатора C3 произойдёт по времени быстрее, чем переданная в телеграфе точка со скоростью 120 знаков в минуту.

При указанных на схеме номиналах и установленном напряжении смещения –45 В ($U_{см}$) задержка полного отпирания лампы — приблизительно 15 мс. Этого времени вполне достаточно даже для сравнительно "тихоходных" антенных

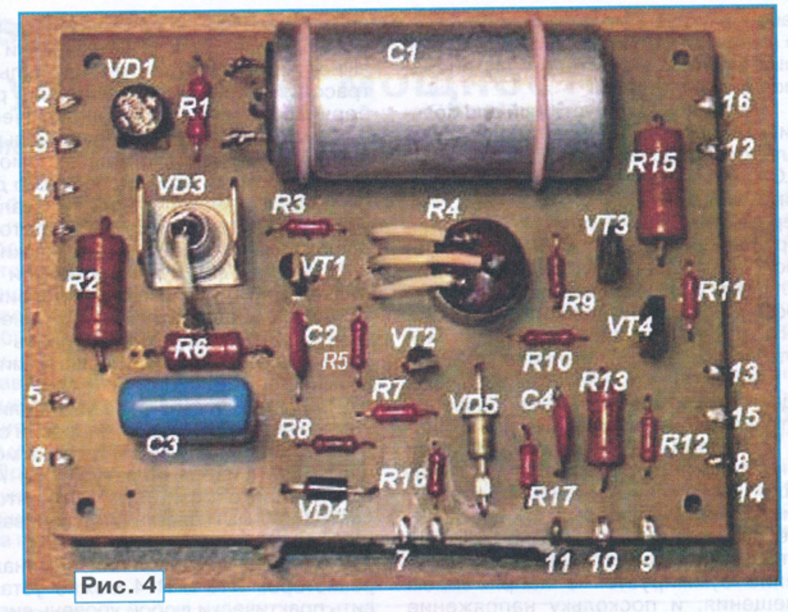


Рис. 4

VD2 смонтирован навесным монтажом непосредственно на выводе стабилитрона VD3. Следует обратить внимание на то, что печатные проводники общего провода на плате не имеют между собой контакта, и их следует соединить отрезками монтажного провода. Вместо механического реле переключения режимов RX/TX K1 можно применить электронный ключ, работающий совместно с электронным переключателем антенны, и реализовать в усилителе режим break-in (QSK).

Налаживание узла сводится к проверке и установке через стабилитрон VD3 тока 6...8 мА при питании узла от обмотки трансформатора, с которым он будет работать в усилителе, без учёта тока через делитель R3—R5 и транзистор VT1. В случае необходимости следует уточнить сопротивление резистора R2.

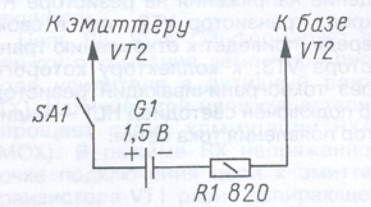


Рис. 5

Для проверки работоспособности индикатора сеточного тока и каскада усилителя ALC удобно воспользоваться имитатором сеточного тока, собранным по схеме на **рис. 5**. Имитатор подключают параллельно резистору R7, соблюдая полярность. Проверку производят в режиме TX (вывод 5 платы соединён с общим проводом). При замыкании контактов выключателя SA1 светодиод HL1 должен светиться, а при размыкании гаснуть. При этом максимальное напряжение ALC на выводе 10 устройства не должно превышать максимально допустимого для трансивера.

Простой электронный ключ

Илья УСИХИН (RW3FY), г. Фрязино Московской обл.

Кому-то в наш век изобилия микроконтроллеров описываемое ниже устройство, может быть, покажется анахронизмом — ведь подобного рода схемы давным-давно стали обыденностью. Однако всегда ли имеет смысл "городить огород" с сооружением программатора, освоением хотя бы простенького программного обеспечения и всех сопутствующих действий, когда речь идёт всего лишь о простенькой "конструкции выходного дня"? Требований минимум — простота и надёжность, экономичность, удобство и простота в обращении. Ну и, конечно, наличие памяти элемента знака. В общем, всё то, что необходимо иметь в конструкции для начинающего радиолюбителя и обеспечение чего совершенно не требует применения программируемых элементов. Собственно, именно такая задача передо мной и стояла — собрать простой и интуитивно понятный ключ для начинающего. В принципе, на роль подобного устройства идеально подходил бы отлично зарекомендовавший себя ключ от трансивера RA3AO, удовлетворяющий всем моим требованиям. Остановила меня от его повторного изготовления лишь каверзная мысль — "а нельзя ли сделать подобный ключ, но ещё проще?" Всё-таки пять корпусов микросхем для ключа — это многовато!

После недолгих поисков, в результате которых выяснилось — готовых схем электронных ключей с использованием непрограммируемой логики, оказывается, опубликовано не столь уж и много, на глаза мне попалась статья В. Васильева (UA4HAN) "Ключ на двух микросхемах" ("Радио", 1987, № 9, с. 22). Ключ на двух микросхемах. Вот оно — то, что надо! Просто, со вкусом и без всякой экзотики! Но при внимательном рассмотрении схемы UA4HAN обнаружился важный, на мой взгляд, недостаток — и тактовый генератор ключа, и генератор самоконтроля работают не непрерывно, а манипулируются, да ещё посредством включения и выключения питания микросхемы при каждой посылке! А это ведь обычные, простейшие RC-генераторы, отсутствие как минимум ощутимого выбега частоты при манипуляции питания отнюдь не входит в перечень их достоинств. Поэтому было решено схему немножко доработать, сохранив при этом, однако, главную идею автора. Суть доработки — и тактовый генератор, и генератор самоконтроля в моей версии ключа, начиная с момента подачи питания, работают непрерывно, а управление подачей их сигналов осуществляется с помощью дополнительных коммутаторов на логических элементах.

Получившаяся в результате схема электронного ключа представлена на **рисунке**.

Генератор тактовых импульсов собран на элементах DD1.1, DD1.2. Он работает непрерывно, вне зависимости от положения якоря манипулятора. Скорость передачи определяется частотой этого генератора и регулируется переменным резистором R1. Счётчик DD2, работающий в режиме прямого счёта, формирует сигналы и паузы с необходимыми соотношениями длительностей. Подачей тактовых импульсов на вход C счётчика DD2 управляет элемент DD1.3. Для разрешения либо запрета передачи тактовых импульсов используется сигнал с выхода 8 счётчика. В начальном состоянии на входах предустановки счётчика D1—D4 и соответственно на его выходах 1—2—4—8 присутствует код 1111. При этом подача тактовых импульсов запрещена, счётчик находится в режиме записи кода предустановки. Данный код формируется на входах D1—D4 в зависимости от положения якоря манипулятора. При переводе якоря в положение "Точки" в счётчик записывается код 0010, что соответствует команде на выработку "точки и паузы". Этот же код переписывается и на выходы 1—2—4—8 счётчика. Уровень лог. 0, появившийся на выходе 8, разрешает подачу тактовых импульсов на вход C счётчика DD2 и переводит его в режим счёта.

При этом формируется сигнал "точка и пауза", во время формиро-

вания которого работа устройства уже не зависит от положения якоря манипулятора. По окончании "паузы" счётчик возвращается в состояние записи кода предустановки, и в него записывается значение, соответствующее текущему положению манипулятора. Формирование "тире и паузы" производится посредством выполнения команды на выработку "двойной точки, точки и паузы", которой соответствует код предустановки счётчика 0000. Аналогично формированию "точки" с появлением лог. 0 на выходе 8 DD2 счётчик переводится в режим счёта и производит формирование заданного сигнала, по окончании чего счётчик переводится в состояние записи текущего кода предустановки, определяемого текущим положением манипулятора. Формирование "точки и паузы" занимает четыре тактовых импульса, формирование "тире и паузы" восемь.

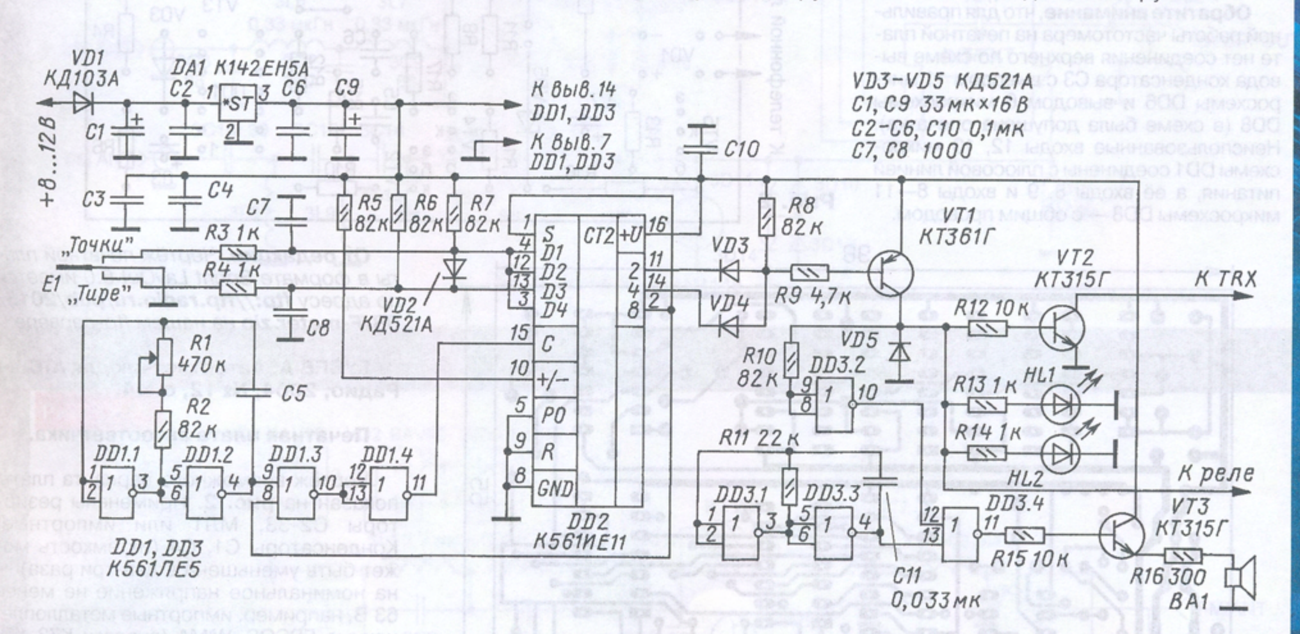
ментом DD3.4, осуществляется разрешение выдачи сигнала самоконтроля, в то время как ключ с открытым коллектором на транзисторе VT2 осуществляет "нажатие" на входе манипуляции трансивера. Если и на выходе 2, и на выходе 4 счётчика DD2 присутствует лог. 1, транзисторы VT1 и VT2 закрыты. Подача сигнала самоконтроля на динамическую головку при этом выключена, а ключ "отжат".

Для управления телеграфной манипуляцией современных трансиверов маломощного транзистора с открытым коллектором более чем достаточно. Однако при желании к устройству можно подключать и маломощное электромагнитное реле (либо, например, оптопару, которая обеспечит гальваническую развязку ключа с трансивером). Это интереснее по причине отсутствия механических элементов с ограниченным ресурсом. Транзисторы VT1—VT3 могут быть любые соответствующей структуры с коэффициентом передачи тока более 50 и максимальным током коллектора 30...100 мА.

по цепям питания, играя роль своего рода активного фильтра. Стабилизатор DA1 может быть любой с выходным током более 50 мА и выходным напряжением 5...12 В. Он не является обязательным элементом, поскольку микросхемы серии К561 допускают работу при напряжении питания 3...15 В.

Диод VD1 служит для защиты от подачи питания в неправильной полярности и может быть практически любым маломощным выпрямительным. Диоды VD2—VD5 — любые из серий КД521, КД522, КД503 или им подобные.

Тип используемого звукового излучателя тоже может быть самым разным — от малогабаритных динамических головок и до телефонных капсюлей или микрофонов ДЭМШ. Хорошо подошёл малогабаритный (диаметром 20 мм) динамический звуковой излучатель с сопротивлением 43 Ома от детской игрушки.



Генератор самоконтроля выполнен на элементах DD3.1, DD3.3. Он работает непрерывно, а подачей его сигнала на динамическую головку самоконтроля управляет элемент DD3.4. Эмиттерный повторитель на транзисторе VT3 позволяет использовать для самоконтроля практически любые звуковые излучатели, в том числе и низкоомные. Уровень сигнала самоконтроля можно варьировать в широких пределах соответствующим выбором сопротивления резистора R16. Выбором номинала резистора R11 задают комфортный тон самоконтроля.

Управление исполнительными цепями осуществляется с помощью транзистора VT1. Транзистор этот открыт, если хотя бы на одном из выходов либо 2, либо 4 счётчика DD2 присутствует лог. 0. Напряжение на коллекторе VT1 в этом случае близко к напряжению питания. С помощью инвертора DD3.2, управляющего эле-

Светодиоды HL1, HL2 служат для визуального контроля работы ключа и носят в значительной степени чисто декоративную функцию, и поэтому они могут и отсутствовать. Светодиоды могут быть практически любыми, их выбор сегодня огромен, и называть конкретные типы не имеет смысла.

Для защиты от возможного влияния ВЧ-наводок на работу ключа в цепи манипулятора введены элементы R3, R4, C7, C8.

Питание ключа стабилизировано микросхемой DA1, что исключает зависимость работы устройства от изменений напряжения питания и его различных колебаний и бросков. Подобный стабилизатор, помимо своей основной функции, неплохо ослабляет также и всевозможные наводки

Микросхемы серии К561 могут быть заменены на аналогичные серий К1561, 564, К1564, К176, К161, К164 либо импортные аналоги. Если переделать ключ с учётом разницы в логике управления элементов 2ИЛИ-НЕ и 2И-НЕ, микросхемы К561ЛЕ5 (DD1, DD3) могут быть заменены на К561ЛА7.

Правильно собранный ключ начинает работать сразу и налаживания не требует, за исключением подбора сопротивления резисторов R11 и R16 в соответствии с индивидуальными предпочтениями оператора. Номинал резистора R9 можно варьировать в зависимости от предполагаемой нагрузки коллекторной цепи транзистора VT1. В случае высокого сопротивления нагрузки в цепи коллектора транзистора VT1, во избежание влияния на работу ключа токов утечки, между коллектором VT1 и общим проводом можно включить резистор сопротивлением около 10 кОм.

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

МЕЖЛУМЯН А. Частотомер с аналоговой индикацией. — Радио, 2004, № 10, с. 24, 25.

Печатная плата частотомера.

Чертёж возможного варианта платы с применением только выводных элементов показан на **рис. 1**. На ней размещены все детали, кроме переключателя SA1 и стрелочного измерительного прибора PA1. Резисторы — С2-33, МЛТ или импортные с мощностью рассеяния 0,125 Вт. Конденсаторы С1—С4 — керамические К10-17б или импортные. Кварцевый резонатор — HC-49U или подобный. Для установки подстроечных резисторов СП3-38Б предусмотрены дополнительные контактные площадки с отверстиями под средний вывод.

Обратите внимание, что для правильной работы частотомера на печатной плате нет соединения верхнего по схеме вывода конденсатора С3 с выводом 11 микросхемы DD6 и выводом 6 микросхемы DD8 (в схеме была допущена опечатка). Неиспользованные входы 12, 13 микросхемы DD1 соединены с плюсовой линией питания, а её входы 8, 9 и входы 8—11 микросхемы DD8 — с общим проводом.

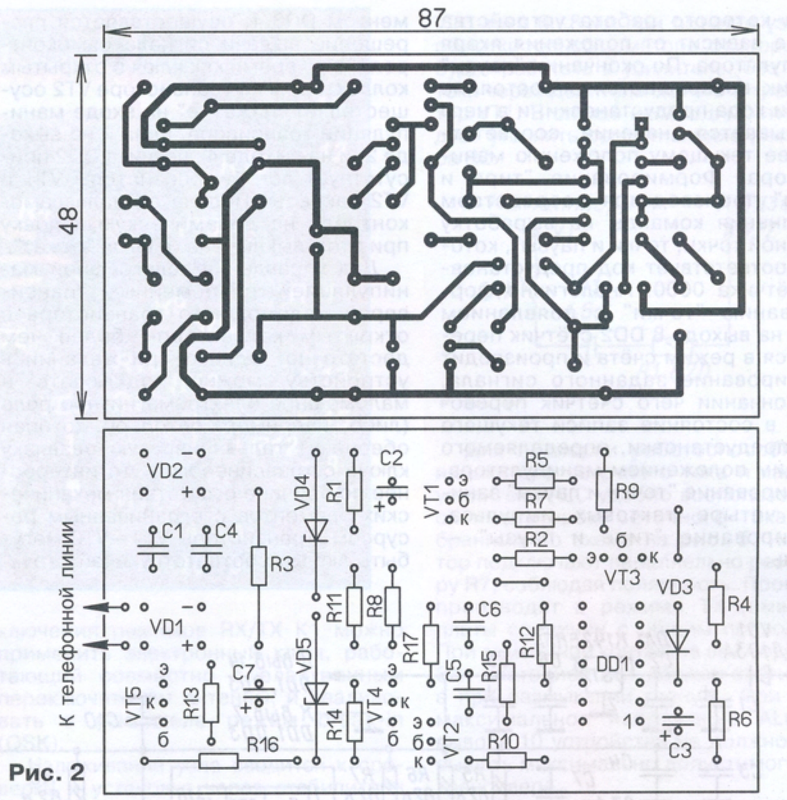


Рис. 2

От редакции. *Чертёж печатной платы в формате Sprint LayOut 5.0 имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/08/F-meter.zip** на нашем ftp-сервере.*

ГУСЕВ А. Автоответчик для АТС. — Радио, 2004, № 12, с. 44.

Печатная плата автоответчика.

Чертёж возможного варианта платы показан на **рис. 2**. Применены резисторы С2-33, МЛТ или импортные. Конденсаторы С1, С4 (их ёмкость может быть уменьшена в два-три раза) — на номинальное напряжение не менее 63 В, например, импортные металлоплёночные EPCOS, WIMA (аналоги К73-17), С2, С3, С7 — оксидные любого типа, С5, С6 — керамические К10-17б или импортные. Транзисторы КТ3102А заменимы любыми маломощными, в том числе импортными ВС546—ВС550, ВС546А—ВС550А. Транзистор КТ940А можно заменить на КТ969А или импортный, например, MJE340G, КТ816Г — на КТ814Г или импортный BD140, BD170, но для повышения надёжности работы автоответчика следует установить транзистор с большим допустимым напряжением коллектор—эмиттер, например, MJE350G. Микросхему К561ТЛ1 — на К1561ТЛ1 или импортный аналог серии 4093 от любого производителя, например, HEF4093BP фирмы NXP. Контактные площадки с отверстиями для диодных мостов VD1, VD2 предназначены под установку более распространённых мостов DB103—DB107 или DB153—DB157. Стабилитроны Д814Б — любые маломощные с напряжением стабилизации 8...10 В, например, импортные 1N4739A, BZX55C9V1.

98

55

Рис. 1

Доработка радиоприёмника TECSUN S-2000. Часть 12

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия,
г. Гай Оренбургской обл.

(см. статью на с. 14)

Рис. 12.4

3L1 0,82 мкГн
3L2 0,82 мкГн
3L3 4,7 мкГн
3R4 22 к
3R3 22
3C1 470
3R2 1 к
3Q1 2SK2394 (2SK3557)
3C17 10 н
3C4
3J1
FM/ANT
SWVCC
F/IVCC
GND
??? 3D1 3D2 3D3 3D4
3C2 3C3 3C5
3D5 1SS135
3R1 470 к
3L5 10 мкГн
3L4 10 мкГн
3C5 10 н
3R5 10
3D1—3D4 1N4148
3C15 470
3R8 470
GND
500 Ω SW ANT
3L11 1 мкГн
3R7 560
3D6—3D9 1N4148
3C8 10 н
3L12 1 мГн
3C10 10 н
3J2
SW/RFOUT
3L6 0,33 мкГн
3L7 0,33 мкГн
??? 3D6 3D7 3D8 3D9
SW ANT 50 Ω
3C6 68
3C7 160
3C9 68
INT/EXT
3C16! 33
3C16!
3C14
3L10
3L11
FM ANT
3L8 3L9
3C13 3C12 3C11
??? 3D11 3D10 3D14 3D12
3R6 560
3D10—3D12, 3D14 1N4148

Рис. 12.10

??? VD1 BAV99 VD2 BAV99 VD3 BAV99
$L_к$ = 150 мм / $C_к$ = 45 пФ
R7 2,2 к
VD7 BA277
3L1 2,2 мкГн
3L2 2,2 мкГн
3L3 2,2 мкГн
R6 100 к
3R4 100 к
L5 100 мкГн
3C1
3R2
3C17
3C4
3J1
FM/ANT
SWVCC
F/IVCC
GND
R4 10 к
3C2 3C3 3C5
3Q1
6 мА
3D5 BA479
L2 33 мкГн
3R1 22 к
R8 100
R1* 5,6 к
L1* 330 мкГн
R5 5,6 к
L3 330 мкГн
3L4
3C5
L4 100 мкГн
R10* 150 (22)
3R8* 390
3C15
R2 1 к
3L12
GND
T1
3L11 1,2 мкГн
3C10
3J2
SW ANT 500 Ω
???
C1 22
C2 22
INT/EXT
SW/RFOUT
SW ANT 50 Ω
VD4 BAV99
VD5 BAV99
VD6 BAV99
3C8
R9 0
3C16!
3C16!
3C14
FM (AIR) ANT 50 Ω
R3 100 к
???
3L10
3L11 1,2 мкГн
3D11 3D10
3L8 3L9
3C13 3C12 3C11
3R6 560
3D14 3D12